



# 32 Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología

Caracas, Diciembre 1998  
ISSN 0583 - 7731



## Dirección de la sede:

SOCIEDAD VENEZOLANA DE ESPELEOLOGÍA

Av. Caurimare, Residencias Yoraco, Sótano LE,  
Colinas de Bello Monte, Caracas.

(Reuniones todos los miércoles de 7 a 10 p.m.)

## Dirección postal:

Sociedad Venezolana de Espeleología

Apartado 47.334, Caracas 1041-A, Venezuela.

Teléfono: (02)-730.64.36. Fax: (02)-978.31.77/272.07.24

E-mail: carlosb @ usb.ve

rafaelcarreno @ hotmail.com

furbani@sagi.ucv.edu.ve

## JUNTA DIRECTIVA (1998-2001)

Presidente:	Rafael Carreño
Vicepresidente:	Carlos Bosque
Secretario:	Bernardo Urbani
Tesorero:	Franco Urbani
Vocal:	Luis Melo

Los artículos de este *Boletín*, dependiendo de su contenido, aparecen indexados en las publicaciones indicadas a continuación: *Speleological Abstracts* de la Unión Internacional de Espeleología; *Bibliography and Index of Geology*, publicado por la Geological Society of America y producido por la American Geological Institute; *Geo Abstracts* de Elsevier, Holanda; *Georef* base de datos en CD; *Current Geographical Publications* de la American Geographical Society; *Mineralogical Abstracts*, Inglaterra; *Bulletin Signalétique*, Centre National de la Recherche Scientifique, Francia.

El *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología* se publica anualmente por los miembros de la misma en Caracas, D.F., Venezuela. El *Boletín* está abierto a todos aquellos trabajos de interés espeleológico, particularmente de la región neotropical. Los originales para publicación, catastro, revisión de libros y bibliografías, deben enviarse a la Comisión Editora, previamente de haber seguido las pautas expuestas en las "Instrucciones a los Autores", que aparecen en la página 93 de este *Boletín*. Todos los originales y correspondencia deben ser enviados a :

Comisión Editora, Sociedad Venezolana de Espeleología  
Apartado 47.334, Caracas 1041-A, Venezuela.

La Comisión Editora está formada por: Editor: Carlos Bosque (SVE, USB). Editores asociados: Pedro Aso (SVE, USB), Miguel Angel Perera (SVE, UCV) y Franco Urbani (SVE, UCV). Editores de campo: Franz Scaramelli (Antropoespeleología), Rafael Carreño y Joris Lagarde (Catastro), Francisco Herrera (Bioespeleología).

La Comisión Editora agradece a los siguientes árbitros que actuaron en este *Boletín*: Milagros Rinaldi (IVIC), Kay Tarble (UCV), Edgar Gil (IVIC), Sebastián Grande (UCV), Virgil Winkler (UCV), Nuris Orihuela (UCV) y Simon C. Wilkinson (Exeter). Así mismo se agradece a Françoise Rollot y Manuela Billaudot por la revisión del texto en francés. Sin embargo, los autores son los únicos responsables del contenido de sus artículos.

El *Boletín* es gratis para todos los miembros de la SVE que se encuentren al día en sus cuotas. El costo de un ejemplar es de 4000 bolívares o US\$ 15 incluyendo los gastos de envío al exterior. Toda información concerniente a suscripciones debe ser solicitada a la Sociedad Venezolana de Espeleología, Apartado. 47.334, Caracas 1041-A, Venezuela o por fax al (58-2)-978.31.77 y 74.64.36.

*Los costos de impresión de este Boletín han sido subvencionados por la Dirección de Información Científica y Tecnológica del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT).*

Diagramación: Joris Lagarde

Impreso en Gráfica León s.r.l.

Depósito legal: pp. 196703DF15 (Biblioteca Nacional, Caracas).

ISSN 0583-7731

Foto portada: colonia con infantes del murciélago

*Natalus stramineus* en la cueva Ricardo Zuloaga (Mi.42). Ver artículo p. 13.

Foto: R. CARREÑO

## MINERALES SECUNDARIOS DE LAS CUEVAS DEL INDIO Y ALFREDO JAHN, ESTADO MIRANDA, VENEZUELA

Paolo FORTI<sup>1</sup>, Franco URBANI<sup>2</sup> & Antonio Rossi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto Italiano di Speleologia. Via Zamboni 67. 40127 Bologna. Italia. Email: forti@geomin.unibo.it

<sup>2</sup> Sociedad Venezolana de Espeleología. Apartado 47334. Caracas 1041A. Venezuela & Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Departamento de Geología. Caracas. Email: furbani@sagi.ucv.edu.ve

<sup>3</sup> Dipartimento di Scienze della Terra. Largo S. Eufemia 19. 41100 Modena. Italia.

### RESUMEN

En dos cuevas que se encuentran en distintos estadios de desarrollo y ubicadas en la región central de Venezuela, fueron estudiados sus depósitos químicos secundarios, resultando en asociaciones nuevas y de interés para el campo de la mineralogía de las cuevas.

La Cueva del Indio es inactiva y presentaba un grueso depósito de guano de murciélago, que fue casi totalmente explotado como fertilizante. En la interfase entre el guano y la roca caja, se encontraron minerales de color amarillo pálido a marfil en ocasiones con aspecto botroidal, donde se identifica yeso, brushita y otras cuatro especies minerales del grupo del apatito, mostrando la complejidad de los fenómenos fisicoquímicos que pueden ocurrir durante la descomposición del guano de murciélagos.

En contraposición, la Cueva Alfredo Jahn desarrollada bajo un bosque tropical y con un arroyo perenne, sus espeleotemas están compuestas de calcita, hidroxilapatito, halita, koktaita, amonio-jarosita y manganoberzelita, donde estos tres últimos minerales corresponden a nuevos reportes de nivel mundial para el ambiente de cuevas.

*Palabras claves:* Mineralogía, apatito, hidroxilapatito, halita, koktaita, amonio-jarosita, manganoberzelita.

### ABSTRACT

*Secondary mineralogy from El Indio and Alfredo Jahn caves, Miranda, Venezuela.*

We surveyed secondary chemical deposits in two caves having different stages of development in Central Venezuela. We describe some interesting and new mineralogical assemblages for the cave environment.

The Indio Cave had a large bat guano deposit almost completely exploited as fertilizer. In the bedrock-guano contact a centimetric sized interaction zone develops with pale-yellow to ivory minerals sometimes with bothroidal morphology, with the presence of gypsum, brushite and other four minerals of the apatite group. This shows the complex physical-chemical processes that occur during bat guano decomposition.

Alfredo Jahn Cave develops surrounded by a tropical forest with a permanent creek flowing through. The speleothems are made of calcite, hydroxylapatite, halite, koktaite, ammoniojarosite and manganoberzelite. The last three are new reports as cave minerals worldwide.

*Key words:* Mineralogy, hydroxylapatite, halite, koktaite, ammoniojarosite, manganoberzelite, apatite.

### INTRODUCCION

En febrero de 1993 se realizó la expedición espeleológica italo-venezolana *Tepuy-93*, con participación de miembros de la Sociedad Italiana de Espeleología (SSI) y la Sociedad Venezolana de Espeleología (SVE). Por el escaso conocimiento de los minerales secundarios de las cuevas de las regiones tropicales, uno de los objetivos científicos planteados fue el reconocimiento mineralógico de las cavidades de Auyán-tepui, cuyos resultados fueron publicados por FORTI (1994), pero también se aprovechó la oportunidad para visitar dos cuevas cercanas a Caracas: la Cueva Alfredo Jahn (Mi.35), ubicada en la zona de Birongo, estado Miranda (SVE, 1973), y la Cueva del Indio (Mi.24) en La Guairita, en el sector sureste de Caracas, estado Miranda (SVE, 1970). Ambas cavidades se ubican en zonas bajo régimen de administración especial, Monumento Natural Cueva Alfredo Jahn y Parque Recreativo Cueva del Indio, respectivamente, bajo la jurisdicción de INPARQUES - MARNR.

La razón de escoger estas cuevas estriba en que se encuentran en diferentes estados de desarrollo, la primera es activa y está ubicada en una zona boscosa, mientras que la segunda es inactiva y posee un depósito de guano de murciélagos. Esta variedad ambiental abre la posibilidad de ubicar una amplia gama de minerales secundarios distintos.

Las técnicas utilizadas fueron las siguientes: examen visual con lupa binocular y microscopio polarizante, identificación mineralógica con difracción de rayos X (DRX), análisis químico por espectrometría de fluorescencia de rayos X y microscopía electrónica de barrido con detector de rayos X por dispersión de energía (EDX).

Con este trabajo se continúa el reconocimiento mineralógico de cuevas venezolanas, que hasta la fecha ha permitido la identificación de 40 minerales (URBANI, 1996), varios de ellos nuevos para el ambiente de cuevas y uno nuevo para la ciencia.

### CUEVA DEL INDIO (Mi.24)

La Cueva se abre en mármoles dolomíticos de la Fase Zenda de la Formación Las Brisas del Jurásico Tardío. A diferencia de la Cueva Alfredo Jahn, esta cavidad es inactiva y relativamente vieja y se ubica en la cumbre de una colina a 1.020 m s.n.m.

En la Cueva existió un depósito de guano de murciélagos insectívoros, en estado avanzado de descomposición, que fue explotado en las primeras décadas del presente siglo como fertilizante para las haciendas de caña de azúcar y café (URBANI, 1997: 45). En la galería principal de la cueva existen

los restos de una costra estalagmítica de espesor centimétrico a decimétrico, en gran parte rota durante la explotación del guano, que en espesores de 1 a 1,5 m se encontraba por debajo. La edad del nivel de guano inmediatamente por debajo de la costra es de 32,2 miles de años antes del presente (ka A.P.) (URBANI, 1998).

Las paredes de mármol por debajo de la costra estalagmítica estuvieron por varias decenas de miles de años en contacto con el guano, donde con el aporte de componentes químicos procedentes de ambos materiales, se generó una zona de minerales secundarios de varios centímetros de espesor (ver símbolo 3 en URBANI, 1998, Fig 3). De esta zona se recolectaron cuatro muestras, que se describen a continuación:

1- Masa esponjosa en cuyo interior se observan velos de concrecionamiento translúcidos y cuerpos pedunculares de color blanco-amarillento, parcialmente recubiertos de una muy fina capa de polvo microcristalino de color blancuzco opaco. Dentro de la masa existen frecuentes zonas rellenas de material de aspecto amorfo, terroso y de color marrón negruzco que puede tratarse de remanentes de guano poco descompuesto.

2- Material blancuzco polvoriento, constituido por cristales aciculares que se entrecruzan formando un fieltro esponjoso, que engloba cuerpos negruzcos (guano). Algunas veces se nota una transformación de este fieltro a costras concrecionarias blanquísimas, laminadas, constituidas de los mismos cristales presentes en el fieltro, pero que en este caso resultan paralelamente orientados. También se ven pequeñas concreciones esferoidales de color rojo a marrón translúcido, atribuible a guano en vías de fosfatización, que en un caso ha dado lugar a una superficie concrecionaria irregular, debida a la estrecha asociación entre las esférulas.

3- Material polvoriento muy liviano, de color anaranjado claro, constituido por un entrecruzado denso de pequeñísimas agujas estrechamente asociadas a una pasta amorfa terrosa de color marrón claro (probablemente residuos de guano).

4- Concreción compuesta de muy delgadas láminas sobrepuestas sobre zonas esponjosas de color blanco amarillento, a veces translúcido cambiando a rosado o blancuzco. Tanto por encima como por abajo de la costra concrecionaria se observan zonas de material terroso blando, a veces polvoriento en cuyo interior se ven eflorescencias blancas, donde se observan cristales aciculares translúcidos y otros opacos, probablemente yeso y fosfatos, respectivamente.

Las muestras fueron analizadas químicamente (Tabla 1), revelándose que el calcio y el fosfato son los componentes mayoritarios para las muestras 1, 2 y 4, mientras que en la muestra 3 predominan silicio y aluminio, procedentes de

Tabla 1. Composición química y mineralógica de las muestras de la Cueva del Indio (Mi.24).

Composición	Muestras			
	1	2	3	4
<b>Composición química</b>				
SiO <sub>2</sub>	0,36	0,34	22,06	4,18
TiO <sub>2</sub>	0,00	0,00	0,43	0,03
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05	0,07	10,35	0,75
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,35	0,29	4,69	0,83
MnO	0,10	0,11	0,13	0,21
CaO	51,25	53,04	13,22	41,74
MgO	1,47	0,99	1,79	3,78
Na <sub>2</sub> O	0,27	0,11	0,40	0,22
K <sub>2</sub> O	0,11	0,05	1,72	0,11
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30,27	33,19	6,43	28,09
SO <sub>3</sub>	0,05	0,07	8,39	3,99
CO <sub>2</sub>	4,70	3,00	0,01	1,20
H <sub>2</sub> O <sub>(50-100°)</sub>	2,42	2,05	6,97	4,22
H <sub>2</sub> O <sub>(110-1000°)</sub>	8,59	6,69	22,61	9,62
<b>Composición mineralógica</b>				
Brushita	-	-	A	-
Calcita	Tr	E	-	S
Carbonato-apatito	D	D	-	D
Carbonato- fluorapatito	D	D	-	D
Cloroapatito	A	A	-	D
Fluorapatito	E	A	-	D
Yeso	-	-	D	Tr
Clorita *	-	-	Tr	-
Dolomita *	-	Tr	E	E
Feldespato *	-	-	E	-
Mica *	-	-	Tr	-
Cuarzo *	E	E	Tr	Tr
Smectita *	-	-	Tr	-

Abreviaturas = \*: mineral residual/detrítico. D: dominante, A: abundante, E: escaso, Tr: trazas.

minerales de arcillas.

La abundancia en todas las muestras de H<sub>2</sub>O<sub>(110-1000°)</sub> sugiere la existencia de materia orgánica (guano no mineralizado). Algunos análisis de carbono orgánico muestran valores entre 5 y 30%, con una gran variabilidad debido a la heterogeneidad de las muestras, que confirma la presencia de materia orgánica. Los resultados de los análisis por DRX se presentan en la Tabla 1.

La combinación de los análisis químicos y por DRX permite verificar que las muestras presentan una mezcla bastante compleja de minerales, mayoritariamente de neoformación predominando los fosfatos y sulfatos, otros minerales como dolomita, clorita, feldespato, mica, cuarzo y smectita son residuales o detríticos, mientras que la calcita podría ser de neoformación, como fragmentos de la costra estalagmítica que cubría el depósito de guano.

Además del carbonato-hidroxilapatito determinado previamente por PALLARES (1982), ahora se identifican otros fosfatos: brushita, carbonato-fluorapatito, cloroapatito y fluorapatito.

## CUEVA ALFREDO JAHN (Mi.35)

Esta es la mayor cavidad de la región central de Venezuela con 4,2 km de desarrollo, se ubica a 210 m s.n.m. (SVE, 1973) y está formada a expensas de mármoles calcíticos y calcítico-dolomíticos (UZCÁTEGUI, 1996), pertenecientes a la Formación Las Mercedes del Cretácico Temprano (URBANI, 1974). La cavidad es recorrida por la quebrada Cambural, que es perenne y drena de una cuenca donde afloran esquistos de variada mineralogía de las formaciones Las Brisas y Las Mercedes (URBANI, 1995; URBANI *et al.*, 1989).

La cavidad se ha formado por la acción erosiva-corrosiva del agua de la quebrada que la recorre. En época de sequía la quebrada se infiltra de manera difusa a lo largo de unos 200 m al inicio del cuerpo carbonático, canalizándose en su interior hasta surgir unos 600 m más adelante en la Boca No. 1, luego continua superficialmente hasta unirse a la quebrada Casupal. En la estación de lluvias, la infiltración difusa a través de los sedimentos del cauce de la quebrada no es suficiente para captar todo el caudal de agua, así que el excedente sigue por el curso epigeo hasta penetrar a la cueva por la gran depresión de la Boca No. 8, continuando hasta la Boca No. 1 donde resurge toda el agua del sistema kárstico. Desde un punto de vista espeleogenético la cueva puede considerarse en fase de desarrollo juvenil con procesos erosivo-corrosivos que prevalecen sobre los de precipitación. El espesor de roca sobre las galerías es variable de una a tres decenas de metros. Por encima de la cueva la vegetación es típica de una selva tropical de tierras bajas, con temperatura media anual de unos 28°C y alta pluviosidad.

Dada la gran actividad hídrica que la caracteriza, la cueva resulta bastante decorada con espeleotemas de calcita, especialmente con estalactitas, adquiriendo su máximo desarrollo en el Salón del Chaguaramo, pero tales espeleotemas no revisten interés mineralógico especial, ni morfológica, ni composicionalmente.

Se colectaron muestras en tres lugares, a saber:

### - Pisolitas negras

Entre las bocas 6 y 7, a 20 m de la primera y en el lado sur, existe una pequeña galería lateral ubicada a una cota sólo alcanzable por las grandes crecidas (SVE, 1973, mapa). Allí hay pequeños gours que estaban secos para la fecha de la visita, de los cuales se recolectaron pisolitas negras milimétricas.

En sección fina se revela una estructura concéntrica finamente laminada, con algunos pequeños clastos de cuarzo englobados durante la evolución de las bandas.

Por DRX con radiación de Cu aparece un patrón esencialmente "amorfo", con un alto fondo típico de altas concentraciones de Fe y/o Mn, además aparecen dos picos de cuarzo y otro pequeño que sugiere la presencia de trazas de hidroxilapatito.

Un análisis químico semicuantitativo reveló que tienen más del 30% de materia orgánica, mientras que el resto está formado principalmente de óxidos-hidróxidos de hierro y subordinados los de manganeso. Desde el punto de vista morfológico y químico estas pisolitas resultan análogas a las observadas en la Cueva del Santuario, Trujillo (BUZIO & FORTI,

1994), así que se infiere un origen semejante por reacciones bioquímicas de digestión de materiales orgánicos.

### - Costras rojizas-marrones

A lo largo del riachuelo y a media distancia entre El Hongo y El Chaguaramo (SVE, 1973, mapa), se observaron pequeñas costras rojizas algo marrones, con espesores de 1 a 2 mm, que cubrían algunas superficies de bloques de mármol y de espeleotemas de calcita fuertemente corroídas. El análisis químico revela que mayoritariamente están compuestas de óxido-hidróxidos de Fe y en menor cantidad de Mn, prácticamente amorfos, junto a materia orgánica (20-35%). Por DRX el único mineral que puede identificarse con seguridad es *manganoberzelita*  $[(Ca,Na)_3(Mn^{+2},Mg)_2(AsO_4)_3]$ , resultando ser un nuevo mineral reportado en el ambiente de las cuevas, también se observa un pequeño pico que podría ser referido a ferrosilita, pero no hay seguridad de ello. La presencia de arsénico (As) fue confirmada por EDX.

El origen de esta asociación posiblemente se deba a la entrada a la cueva de materia orgánica, transportada por el río subterráneo durante los períodos de lluvia y quedando depositada sobre la roca, mientras que la subsecuente descomposición biológica y oxidación puede producir la precipitación de estos minerales, explicando así mismo la fuerte corrosión observada sobre las masas carbonáticas.

Con la información disponible no podemos precisar la fuente del As, pero se abre la posibilidad de que en los alrededores hayan depósitos de sulfuros teletermales o epitermales, como ocurre en algunas localidades del estado Yaracuy donde se ha identificado el mineral arsenopirita. En la región Biringo - Capaya hay depósitos minerales que se han interpretados como de origen hidrotermal, constituidos por cuerpos irregulares de hematita especular casi pura, siguiendo aproximadamente el contacto entre el esquistos y el mármol. Estos se ubican en el flanco norte del Cerro El Dorado a unos 3 km de la Cueva (URBANI, 1977).

### - Zonas de colores claros azulados en las paredes

En las paredes de la parte distal del Salón del Chaguaramo (SVE, 1973), el mármol presenta una foliación claramente visible, notándose una variación de color que va desde el gris oscuro en la roca fresca, a zonas grises claras y azuladas en las partes alteradas, pero manteniendo la estructura foliada. La variación cromática corresponde únicamente a un espesor cercano a 1 mm, debajo del cual la roca se muestra inalterada.

De las muestras recogidas se separaron tres fracciones de colores: blanco, azulado y gris, resultando particularmente interesantes desde el punto de vista de los minerales secundarios de cuevas. Una sección fina revela que la parte superficial de colores claros es de pocas décimas de milímetro de espesor, y como mantiene la estructura foliada de la roca, parece debida a sustitución de calcita y dolomita primaria por minerales de neoformación.

Por DRX se identifica *hidroxilapatito* en todas las muestras, junto a otros minerales: en la fracción blanca aparece *koktaita*  $[(NH_4)_2Ca(SO_4)_2 \cdot H_2O]$ , en la azulada *amonio-jarosita*  $[(NH_4)_2Fe_6^{+3}(SO_4)_4(OH)_{12}]$  y en la muestra gris *halita*  $[NaCl]$ .

Tanto la amonio-jarosita como la koktaita resultan ser minerales nuevos identificados en el ambiente de cuevas (HILL & FORTI, 1997). Ambos son muy solubles y usualmente se localizan en ecosistemas epigeos con condiciones evaporíticas, como en lagos salados, asociados con halita como también ocurre en este caso. La precipitación de estos minerales se debe a la coincidencia de varias circunstancias favorables. La selva tropical en la superficie, junto al guano de murciélagos dentro de la cavidad, aportan materia orgánica en descomposición a las aguas, lo que justifica la presencia de amonio y fosfato, pero igualmente acarrea los demás iones constituyentes de estos minerales.

El régimen de estaciones alternantes de lluvia y sequía hace posible que durante el período de lluvia, la porosidad de la roca, magnificada por la foliación a escala submilimétrica, se llene de agua, tanto por penetración capilar como por la percolación superficial a través de las paredes, para luego en la estación de sequía, ir evaporándose lentamente precipitando los minerales en la superficie rocosa. Probablemente los depósitos de estos minerales solubles tengan carácter estacional, desapareciendo durante el período de lluvia.

## CONCLUSIONES

En la Cueva del Indio se evidencia que la zona de alteración formada en la interfase entre la roca caja y el depósito de guano que una vez existió en la cueva, es bastante compleja en términos mineralógicos, si bien no hay minerales nuevos, estos se hallan en combinaciones no previamente reportadas.

Las asociaciones mineralógicas identificadas en la Cueva Alfredo Jahn resultaron de interés excepcional, ya que de los cinco minerales identificados, tres de ellos, amonio-jarosita, koktaita y manganoberzelita, resultaron ser nuevos dentro de cuevas en el ámbito mundial. Tal variedad mineralógica se debe a las condiciones ambientales, meteorológicas e hidrogeológicas, que permiten la presencia de abundante materia orgánica en descomposición, procedente tanto de la selva tropical que cubre la zona, como del interior de la cueva a partir de guano de murciélagos. La alternancia de estaciones de lluvia y sequía hace que durante algunos meses la roca esté totalmente impregnada por agua, seguida de una etapa de evaporación.

En un futuro cercano se procederá a realizar estudios para tratar de explicar la procedencia del arsénico en uno de los minerales de la Cueva Alfredo Jahn.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a INPARQUES por haber permitido la recolección de las muestras. A Sebastián Grande, Rafael Carreño, Francisco Herrera, Carlos Bosque y dos arbitros por sus útiles comentarios.

- BUZIO A. & P. FORTI. 1994. Las pisolitas negras de la Cueva El Santuario, Santa Ana, estado Trujillo, Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 28: 13-15.
- FORTI P. 1994. Los depósitos químicos de la Sima Aonda Superior y de otras cavidades de Auyán-tepui, Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 28: 1-4.
- HILL C. & P. FORTI. 1997. *Cave Minerals of the World*. National Speleological Society, 2da. Ed., USA, 463 pp.
- PALLARÉS M. 1982. Una ocurrencia de carbonato-hidroxilapatito en la Cueva del Indio (Mi.24), estado Miranda (Resumen). *Acta Científica Venezolana*, 33 (supl. 1): 143.
- SVE - SOCIEDAD VENEZOLANA DE ESPELEOLOGÍA. 1970. Catastro Espeleológico Nacional. Mi.24 - Cueva del Indio. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 3(1): 28-29.
- 1973. Catastro Espeleológico Nacional. Mi.35 - Cueva Alfredo Jahn. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 4(1): 63-72.
- URBANI F. 1974. Carsos de Venezuela. Parte 2: Calizas metamorfizadas de la Cordillera de la Costa. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 4(1): 15-38.
- 1977. Geología del área de Oritapo - Cabo Codera - Capaya, D.F. y Edo. Miranda. Parte I, Rocas sedimentarias de la vertiente norte de la Cordillera. Parte II, Rocas sedimentarias de la parte norte de Barlovento. Parte III, Recursos minerales. *UCV. Fac. Ingeniería. Escuela de Geología. Lab. Petrografía y Geoquímica*. Caracas. Inédito. *Informe 77-1*: 1-191.
- 1995. Composición fisicoquímica de las aguas kársticas de la zona de Birongo - Capaya, estado Miranda. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 29: 1-6.
- 1996. Venezuelan Cave Minerals: a Review. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 30: 1-13.
- 1997. Historia espeleológica venezolana. Parte 8. Gaspar Marcano (1850-1910). Vicente Marcano (1848-1891). Exploraciones del Ing. Juan de Dios Montscrrate en 1894. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 31: 37-52.
- 1998. Edades de radiocarbono en las cuevas Ricardo Zuloaga y del Indio, sureste de Caracas, Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 32: 5-12.
- , J. SILVA & R. SÁNCHEZ. 1989. Reconocimiento geológico de la región de La Sabana - Cabo Codera - Capaya, D.F. y Miranda. *Memorias VII Congr. Geol. Venezolano*, Barquisimeto, 1: 223-244.
- UZCÁTEGUI R. 1996. Mineralogía de los mármoles de la Cueva Alfredo Jahn, Birongo, estado Miranda. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 38: 4-9.

## EDADES DE RADIOCARBONO EN LAS CUEVAS DEL INDIO Y RICARDO ZULOAGA, SURESTE DE CARACAS, VENEZUELA

Franco URBANI

Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería,  
Dept. Geología. Caracas 1053  
& Sociedad Venezolana de Espeleología. Apartado 47334.  
Caracas 1041A. Email: furbani@sagi.ucv.edu.ve

### RESUMEN

Se obtuvieron edades por  $^{14}\text{C}$  de ocho muestras de guano de murciélagos insectívoros y de otros materiales, procedentes de dos cuevas cercanas a Caracas. Se encontró que la Cueva Ricardo Zuloaga estuvo habitada por guácharos durante un solo período, entre los siglos IX y X de nuestra era y posiblemente fueron cazados por los indígenas. En la misma cueva a -1,4 m de profundidad hay un nivel de guano descompuesto con numerosos fragmentos angulares de roca, cuya presencia se interpreta por efectos de un sismo de gran magnitud ocurrido cerca de 9,3 miles de años antes del presente (ka A.P.). El sismo histórico de 1812 no dejó evidencias en este lugar. En las cuevas del Indio y Ricardo Zuloaga se observa una configuración de guano recubierto por costras estalagmíticas, en ambas se dató el nivel de guano inmediatamente por debajo de la colada, con lo cual se interpreta que hace unos 32-34 ka A.P. ocurrió un cambio climático significativo, de condiciones relativamente secas a un período muy húmedo, a partir de entonces las cuevas entraron en una etapa de gran crecimiento de espeleotemas.

**Palabras claves:** Radiocarbono, edades absolutas, geocronología, terremotos, guácharos.

### ABSTRACT

*Radiocarbon ages in El Indio and Ricardo Zuloaga Caves, Southeastern of Caracas, Venezuela.*

Eight  $^{14}\text{C}$  ages were determined in bat guano and in other materials from two caves near Caracas. The Ricardo Zuloaga Cave was inhabited from the IXth to the Xth centuries by guácharos (oil-birds), which were probably hunted by the Indians. In the same cave a bat guano strata at -1.4 m depth shows angular rock fragments interpreted to have fallen down from the ceiling and walls during a major earthquake which occurred 9,3 thousand years before present (ka BP), while the historic 1812 earthquake did not leave any evidence. Both El Indio and Ricardo Zuloaga caves showed the same configuration thick old guano deposits covered by stalagmitic flowstone. This could represent a climatic change from dry to wet conditions at 32-34 ka BP resulting in a stage of speleothem development.

**Key words:** Radiocarbon, absolute ages, geochronology, earthquakes, oil-birds.

### INTRODUCCION

Las cuevas del Indio y Ricardo Zuloaga están localizadas al sureste de la ciudad de Caracas, municipio El Hatillo del estado Miranda (Fig. 1), estando incorporadas en el Catastro Espeleológico Nacional con las siglas Mi.24 y Mi.42

respectivamente (SVE, 1970, 1973). Ambas cavidades tienen una serie de características en común: se encuentran en mármoles de la Fase Zenda de la Formación Las Brisas del Jurásico Tardío, son cuevas inactivas y relativamente viejas; están ubicadas en las partes altas de sendos morros habiéndose formado por cursos de agua con una configuración de drenaje diferente al actual, tienen grandes depósitos de guano de murciélagos insectívoros en diversos grados de descomposición.

En los últimos cuatro años, miembros de la Sociedad Venezolana de Espeleología (SVE) y estudiantes del Departamento de Geología de la Universidad Central de Venezuela (UCV), han realizado numerosos estudios geoespeleológicos en estas cuevas, a saber:

En la Cueva del Indio se ha trabajado en el campo de los minerales formados por la descomposición del guano (YUNGANO *et al.*, 1997; FORTI *et al.*, 1998), mediciones de la concentración del gas radón atmosférico (CARREÑO *et al.*, 1996, 1997), variaciones de la radioactividad gamma natural (URBANI *et al.*, 1997b), mineralogía del mármol y sus relaciones con el desarrollo kárstico (URBANI & LÓPEZ, 1994; URBANI *et al.*, 1997a; YUNGANO *et al.*, 1997), además, hace tres décadas, en la roca caja de esta cueva se realizó el hallazgo de ostras fósiles, a raíz del cual se atribuye a la Formación Las Brisas una edad Jurásico Tardío (URBANI, 1969).

En la Cueva Ricardo Zuloaga se ha investigado acerca de la concentración de radón (CARREÑO *et al.*, 1996, 1997),



Fig. 1. Distribución de los cuerpos de mármol de la Fase Zenda de la Formación Las Brisas al sureste de Caracas. Modificado de URBANI *et al.* (1997). 1: Cueva del Indio. 2: Cueva Ricardo Zuloaga.

radioactividad gamma natural (URBANI, 1996a; URBANI *et al.*, 1997b), minerales secundarios de las paredes de la cueva (URBANI *et al.*, 1995), mineralogía de la roca caja (MILLÁN & QUINTERO, 1995; NÚÑEZ, 1995; URBANI & QUINTERO, 1997; URBANI *et al.*, 1997a), mineralogía del guano (SILVA, 1995; FOURNIER & URBANI, 1998) y estudios climáticos, tanto generales (URBANI, 1996a) como específicos de la Galería de los Murciélagos (URBANI & CARREÑO, 1997).

En el presente trabajo se determinaron edades por el método de radiocarbono en diversos materiales de estas cuevas, con el objetivo inicial de documentar posibles variaciones paleoclimáticas, pero con el desarrollo del trabajo han surgido implicaciones de orden antropológico y paleosismológico. Resultados relativos a este estudio han sido presentados en dos congresos previos (URBANI, 1997a).

## DESCRIPCION DE LAS CAVIDADES

### Cueva El Indio (Mi.24)

Se ubica en el "Parque Recreativo Cueva El Indio", en el sector La Guairita al sureste de Caracas (Fig. 1). En esta cavidad existió un depósito de guano de murciélagos de unos 2 m de espesor, que fue evaluado por Vicente Marcano (1884?), Heriberto Gordon (1890), Guillermo Delgado-Palacios (1891?) y Oscar Grünwald (1940-1945?), entre otros (URBANI, 1996b: 37; 1997b: 45). En las primeras décadas del presente siglo el guano se explotó casi completamente, estimándose un volumen *in situ* de algo más de 120 m<sup>3</sup>, utilizándose como fertilizante en las haciendas de caña de

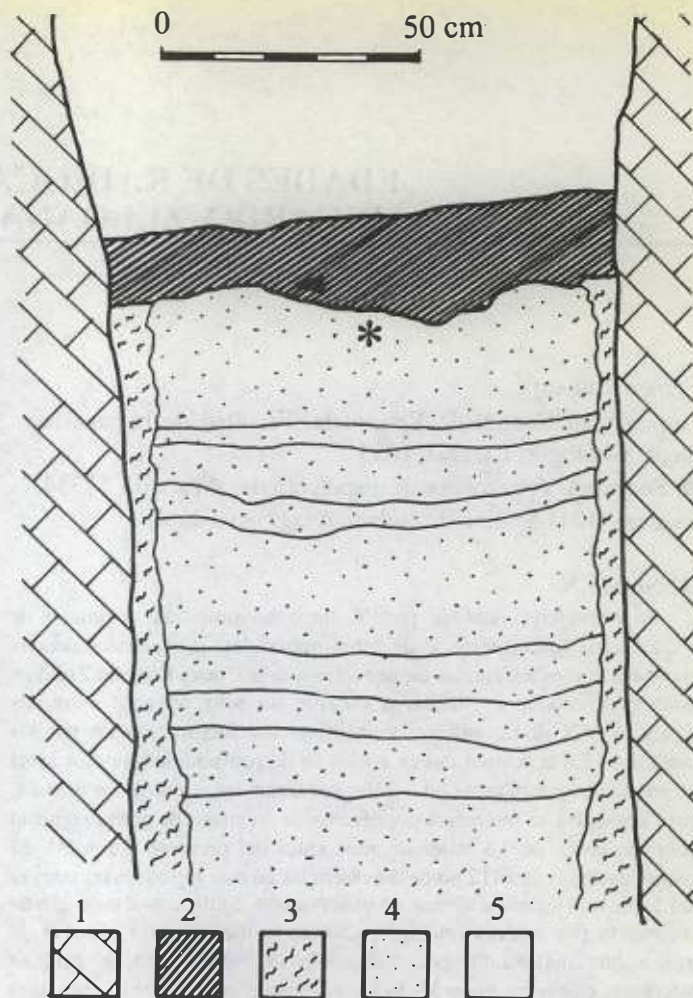


Fig. 3. Sección vertical del guano y la colada estalagmítica de la Cueva del Indio. Símbolos = El asterisco indica la ubicación de la muestra IN1, 1: roca caja, 2: colada estalagmítica, 3: zona de minerales secundarios en la interfase entre la roca caja y el guano, 4: guano de murciélagos parcialmente descompuesto indicando su estratificación, 5: galería.

azúcar y café. El nivel del piso que tenía la cueva antes de la explotación del guano se nota claramente en las paredes.

Por encima de la mayor parte del depósito de guano existió una extensa colada estalagmítica. La muestra de guano fechada (IN1) fue tomada en el lugar indicado en las Figs. 2 y 3, que es el único sitio donde aun se preserva la configuración de la costra estalagmítica sobre el guano.

### Cueva Ricardo Zuloaga (Mi.42)

Esta es la mayor cavidad de la región Capital con cerca de 0,5 km de desarrollo, se ubica en el Peñón de las Guacas o de los Carraos, en el sector Los Naranjos al Este de la Urbanización La Lagunita Country Club (Fig. 1). La cueva fue formada por el río Guaire cuando éste circulaba unos 150 m más arriba que en la actualidad, por lo tanto es una cavidad antigua con gran potencial para estudios paleoclimáticos.

Sus galerías principales son muy secas. En el extremo de mayor cota se encuentra la Galería de los Murciélagos (A-B, Fig. 4), donde habita la más numerosa colonia de murciélagos insectívoros de la región central, conformada actualmente por *Natalus* sp. y *Myotis* sp. Esta colonia produce gran cantidad de

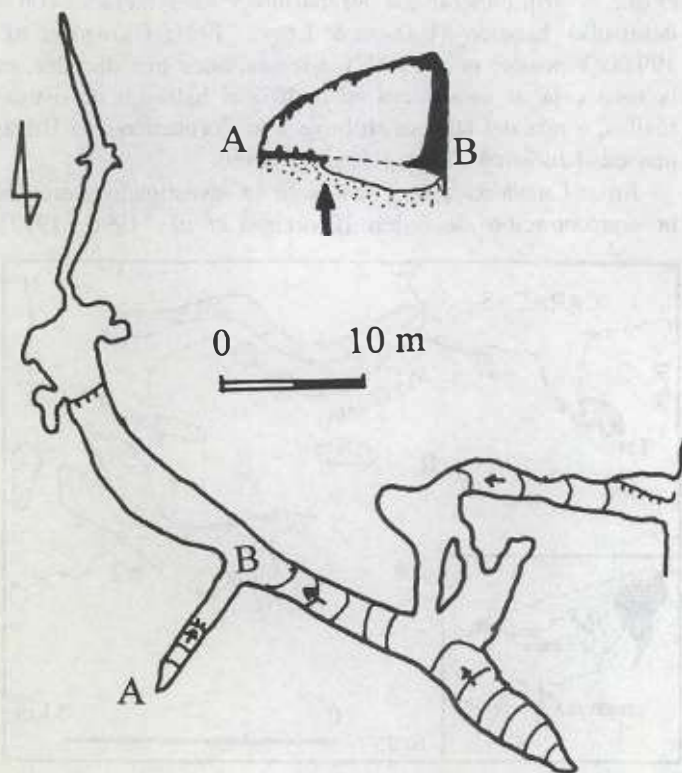


Fig. 2. Plano de la Cueva del Indio (Mi.24). La flecha grande en el corte A-B ubica la sección de la Fig. 3.



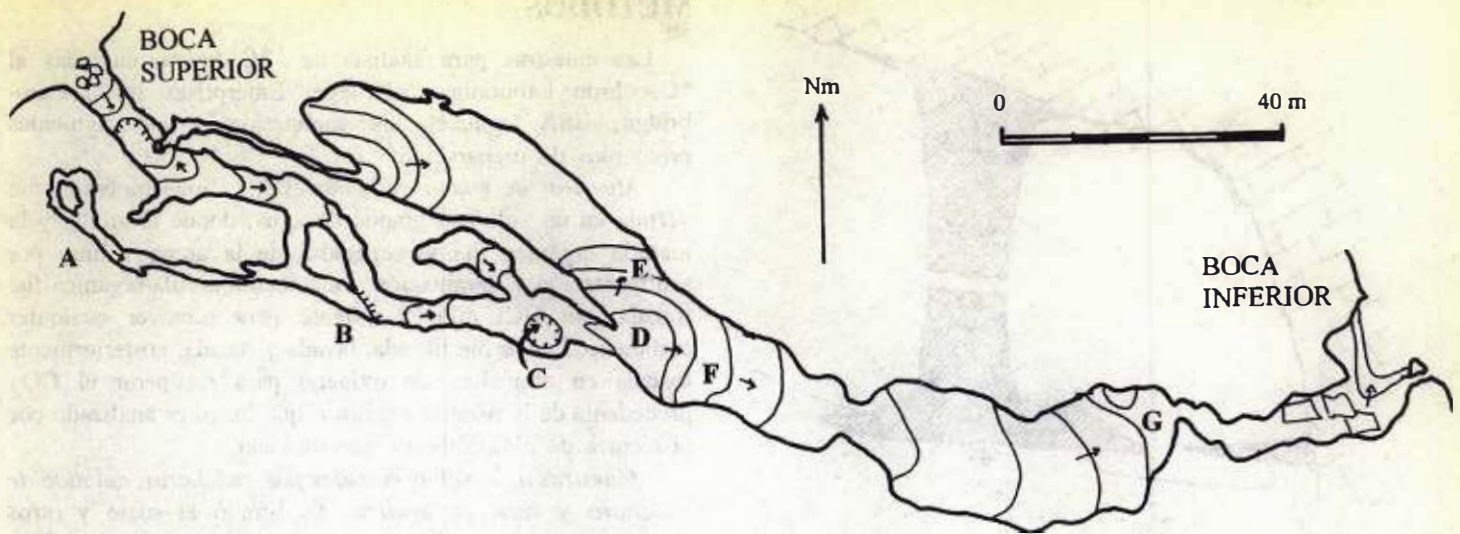


Fig. 4. Plano de la Cueva Ricardo Zuloaga (Mi.42). El sitio C localiza el perfil de guano de la figura siguiente.

guano, que va descomponiéndose a medida que, por soliflucción, migra pendiente abajo. A unos 80 m de distancia desde la boca superior, el guano se acumula en un lugar deprimido, que debido a la morfología de la roca caja, hace que funcione como la parte superior de un reloj de arena. Allí se ha preservado la estratigrafía de una gruesa acumulación de guano descompuesto, que es el objeto del presente estudio (punto C, Fig. 4).

En la depresión C (Fig. 4), se realizó una excavación hasta -3,6 m de profundidad, describiendo y recolectando muestras de los distintos estratos discernibles del guano descompuesto (Fig. 5). En particular llama la atención la presencia entre -0,7 y -0,8 m de profundidad de un estrato de 10 cm de espesor, constituido por semillas (de palmas y de otras especies) que fueron consumidas por guácharos (*Steatornis caripensis*), lo cual concuerda con la observación de restos de nidos muy deteriorados de estas aves en las paredes de la cueva. Otro nivel de mucho interés se encuentra entre -1,1 a -1,5 m donde aparecen numerosos fragmentos angulares de roca de dimensiones centimétricas, evidentemente caídos de las paredes y techo, ya que no hay evidencia que puedan haber sido transportados por agua circulante. Junto a dichos fragmentos hay huesos de murciélagos. En otro trabajo se presentará información sobre las variaciones texturales, mineralógicas y químicas de cada uno de los estratos identificados (Fig 5).

A unos 10 m de desnivel más abajo (D, Fig. 4), el guano descompuesto sale formando un gran cono que se extiende hacia la Galería del Arpa (E, Fig. 4) y la galería principal (F-G, Fig. 4), lo cual es equivalente a la parte inferior del reloj de arena. En este sector el guano ya es muy antiguo y está casi totalmente transformado en yeso y fosfatos. Aquí se observa una configuración de guano cubierto por una columna y coladas de calcita.

Las muestras a las cuales se les determinó la edad son las siguientes:

RZ1. Fragmento de nido de guácharo colectado de la pared izquierda de la galería en el sector B-C (Fig. 4) a 2 m de altura sobre el piso.

RZ2. Semillas regurgitadas por guácharos, tomadas del nivel G3 a una profundidad de -0,75 m de profundidad (Fig. 5), en el perfil de guano excavado en el punto C (Fig. 4). Las semillas tienen un diámetro promedio de 1 cm y por la descomposición están huecas. Las muestras RZ2 a la RZ6 fueron tomadas de dicho perfil. No se encontraron semillas en ningún otro estrato de guano.

RZ3. Trozo de rama recta de sección circular, con un diámetro de 2,5 a 3 cm, 65 cm de longitud, con extremos redondeados, aparentemente por abrasión. Se encontró en posición horizontal e incluido en la capa de semillas ya descritas en la muestra anterior (G3). No vemos ninguna posibilidad natural de que esta vara haya llegado hasta este lugar, por consiguiente se ha interpretado como una pieza traída por seres humanos, probablemente

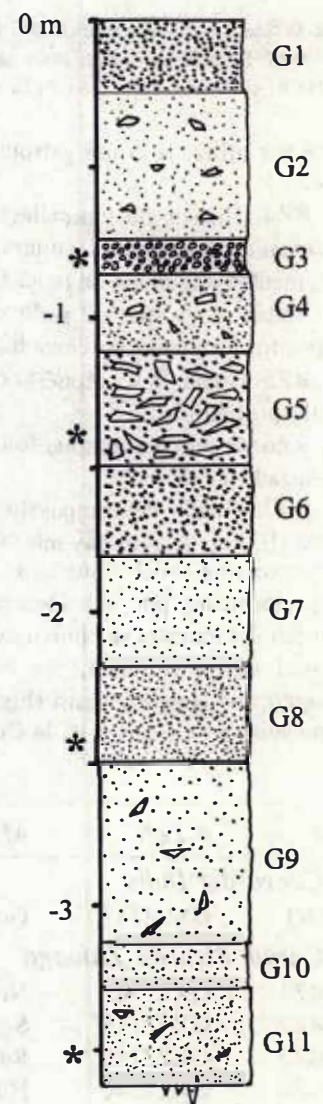


Fig. 5. Perfil estratigráfico del guano en el sector C de la Cueva Ricardo Zuloaga. Los asteriscos indican la posición de las muestras analizadas por radiocarbono.

## MÉTODOS

Las muestras para análisis de  $^{14}\text{C}$  fueron enviadas al "Geochron Laboratories, Krueger Enterprises Inc.", Cambridge, USA, quienes las sometieron a los siguientes protocolos de preparación:

- *Muestras de guano descompuesto*: La muestra entera fue vertida en un volumen grande de agua, donde la arcilla y la materia orgánica fueron separadas de la arena y limo por sedimentación y decantación. La fracción arcilla/orgánica fue tratada con HCl diluido caliente para remover cualquier carbonato. Luego fue filtrada, lavada y secada, posteriormente tostada en atmósfera de oxígeno para recuperar el  $\text{CO}_2$  procedente de la materia orgánica, que luego es analizado por la técnica de radiocarbono convencional.

- *Muestras de semillas comidas por guácharos, del nido de guácharo y vara de madera*: Se limpió el sucio y otros materiales extraños, cortándose en pequeños pedazos. Luego fueron tratadas con HCl diluido y caliente para remover carbonatos y con NaOH diluido y caliente para remover ácidos húmicos y otros contaminantes orgánicos. Después de lavar y secar, se sometió a combustión para recuperar  $\text{CO}_2$  para su análisis por radiocarbono convencional.

- *Huesos de murciélagos*: El apatito del hueso se disolvió y el residuo insoluble fue filtrado y lavado. Luego fue hervido en agua destilada ligeramente acidulada para solubilizar cualquier colágeno presente. El caldo remanente fue filtrado a través de fibra de vidrio, el filtrado fue totalmente evaporado para recuperar el colágeno como gelatina de hueso. Raicillas, ácidos húmicos y otros contaminantes serían removidos por el filtrado. La gelatina de hueso recuperada se sometió a combustión y el  $\text{CO}_2$  fue recuperado para ser analizado. Por lo pequeño de la muestra el análisis fue realizado por la técnica de radiocarbono por espectrometría de masas con acelerador (AMS  $^{14}\text{C}$ ). El análisis de los huesos por difracción de rayos X permite la identificación de hydroxylapatito.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las edades determinadas con corrección por el efecto del  $^{13}\text{C}$  son las siguientes:

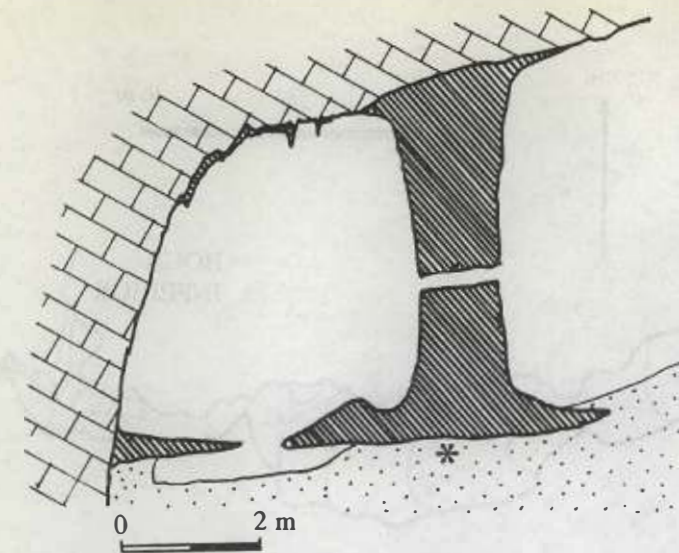


Fig. 6. Sección de un sector de la Galería del Arpa de la Cueva Ricardo Zuloaga. Se utilizan los mismos símbolos de la Fig. 3. El asterisco ubica el sitio de recolección de la muestra RZ7.

para ser utilizada como garrote en actividades de cacería del ave.

RZ4. Huesos de murciélagos hallados en el nivel G5 de -1,35 m de profundidad, en un estrato que contiene numerosos fragmentos angulares de roca. Dichos fragmentos no son cantos rodados, ya que de serlo el agua hubiese erosionado el depósito del guano no consolidado.

RZ5. Guano descompuesto del nivel G8 y tomado de -2,45 m de profundidad.

RZ6. Guano descompuesto del nivel G11, el más profundo alcanzado (-3,55 m).

RZ7. Guano descompuesto recolectado en la Galería del Arpa (E, Fig. 4). Allí hay una columna de calcita que se formó por encima del sustrato de guano descompuesto, posteriormente por subsidencia del mismo la columna se rompió. La muestra se obtuvo excavando por debajo de la parte central de la columna, por consiguiente el guano es más antiguo que la espelotema (Fig. 6). Esta es una configuración semejante a la muestra de la Cueva del Indio.

#	# Lab.	Material	Lugar	Método	Edad*
<b>Cueva del Indio</b>					
IN1	GX22747	Guano descompuesto	bajo colada	$^{14}\text{C}$ convencional	32.230 +4.820/-2.990
<b>Cueva Ricardo Zuloaga</b>					
RZ1	GX22745	Nido de ave	pared	$^{14}\text{C}$ convencional	1.040 ± 110
RZ2	GX22744	Semillas	-0,75 m	$^{14}\text{C}$ convencional	1.060 ± 85
RZ3	GX22746	Rama recta	-0,75 m	$^{14}\text{C}$ convencional	995 ± 75
RZ4	GX22246	Huesos de murciélago	-1,35 m	AMS $^{14}\text{C}$	9.310 ± 60
RZ5	GX22247	Guano descompuesto	-2,45 m	$^{14}\text{C}$ convencional	12.750 ± 240
RZ6	GX24180	Guano descompuesto	-3,55 m	$^{14}\text{C}$ convencional	13.310 ± 230
RZ7	GX24179	Guano descompuesto	bajo columna	$^{14}\text{C}$ convencional	34.400 +2.740/-2.040

\* Edad en años de radiocarbono antes del presente -1950-

## Cueva del Indio

Con la información geomorfológica y la edad aportada por éste trabajo, se puede postular la siguiente evolución de la cueva.

- Posiblemente varias decenas o cientos de miles de años atrás, la cavidad fue formada por una quebrada que debió tener una cuenca de alimentación en los esquistos circundantes. Quizás con una configuración parecida al caso actual de las cuevas del cercano Peñón de Iglesias (PEREIRA, 1973: 130), donde el agua que procede de los esquistos ha formado una depresión/sumidero al intersectar el macizo de mármol (PEREIRA, *op cit.*, Fig. 1, punto 17). Allí el agua penetra al interior del macizo, desarrollando las cuevas para luego surgir a una cota inferior, al terminar el cuerpo de mármol cerca del contacto con el esquisto infrayacente (PEREIRA, *op cit.*, pto. 0).

- Avanzado el proceso de erosión y disección del macizo, el agua deja de circular por la cueva, quedando inactiva. Las galerías más bajas probablemente se colmatan con sedimentos, prueba de ello son los cantos rodados de esquistos que se encuentran en la base del depósito de guano. En este período pueden haberse taponado otras bocas previas de la cavidad a excepción de la actual, permitiendo que la cueva adquiriera un microclima poco expuesto a los cambios exteriores, lo cual facilita que una gran colonia de murciélagos insectívoros la llegue a habitar y en consecuencia que se acumule el guano. La ocupación de los murciélagos probablemente ocurrió en un período climático relativamente seco, ya que el guano aparece sin niveles de sedimentos alóctonos que impliquen un flujo hídrico desde el exterior.

- A continuación el clima pasó paulatinamente a un régimen más húmedo, incrementándose la infiltración a través del techo, pero sin llegar a generar un riachuelo interno que pudiera erosionar el depósito de guano. Se inicia un proceso generalizado de crecimiento de espeleotemas de calcita, que llega a tapizar las paredes, techo y piso, formándose la costra de espesores centimétricos a decimétricos que cubría el guano. La fuerte infiltración probablemente indujo a la disminución o abandono de la colonia de murciélagos.

El nivel superior y más reciente del guano (muestra IN1), tiene una edad de 32,2 ka (37 - 29 ka) A.P., que puede representar el inicio del cambio climático señalado, de seco a húmedo.

## Cueva Ricardo Zuloaga

Las siete edades de esta cueva permiten una gama de interpretaciones aplicables a diversas disciplinas, a saber:

### *Paleosismología*

El nivel con fragmentos de rocas asociados con huesos de murciélagos (nivel G5, muestra RZ4), se interpreta que fue debido a un evento sísmico de gran magnitud que hizo desprender los fragmentos meteorizados de cuarcita y mármol del techo y paredes. Este paleosismo ocurrió hace  $9.300 \pm 60$  años antes del presente (a A.P.), pasando a ser la primera determinación de un paleosismo de la región central del país. En los demás niveles de guano también se encuentran dispersos algunos fragmentos de rocas pero en pequeña cantidad. El gran terremoto de 1812 no produjo el desprendimiento de

fragmentos en cantidades suficientes como para formar un estrato discernible.

En Venezuela se han realizado diversos estudios paleosismológicos. En uno de ellos se presentan edades por  $^{14}\text{C}$  que evidencian rupturas recurrentes a lo largo de la Falla de Oca en el occidente del país, en edades de 7.755, 6.240 y 1.945 a A.P. (AUDEMARD, 1996).

### *Paleoecología - antropología*

Se disponen de tres edades relacionadas al período de ocupación de la cueva por guácharos:

Muestra	Edad (a DC)	Incertidumbre (desde - hasta)
RZ2 Semillas	890	805 - 975
RZ1 Nidos	910	800 - 1020
RZ3 Rama recta	955	880 - 1030

Las tres muestras aportan edades cuyos intervalos de error se solapan. El único y limitado espesor del nivel de semillas regurgitadas por los guácharos (RZ2) indica que las aves habitaron la Cueva una sola vez y esto ocurrió durante los siglos IX y X de nuestra era. En las altas cornisas de la cueva están visibles unos 10 nidos abandonados.

La muestra RZ3 ha sido interpretada como un garrote de cacería de guácharos, similar a los utilizados por los Barí en la Sierra de Perijá, quienes construyen empalizadas en las bocas de las cuevas para obligar a las aves a pasar por un sitio estrecho, donde son golpeadas (VILORIA *et al.*, 1989). La cacería de guácharos en la Cueva Ricardo Zuloaga pudo haber sido fácil, bastando con esperar su paso por la estrechez de la galería principal cerca de la boca superior y golpearlos con una vara como la encontrada. Para coleccionar pichones de los nidos más altos, hubiese sido suficiente con traer largas pértigas.

Dentro de la cavidad se observan ramas rectas de varios metros de longitud y de hasta un decímetro de diámetro, pero hasta que no se obtengan más edades, no sabremos si fueron introducidas originalmente por indígenas cazadores, o más recientemente por individuos que se han dedicado a vandalizar la cueva, coleccionando las estalactitas ubicadas a cierta altura. Debe notarse que en la superficie de la Galería del Arpa, se observan semillas regurgitadas por guácharos, que al igual que la rama fechada, no presentan evidencias visibles de haber sido degradadas, lo cual indica que la madera puede preservarse bien en este ambiente relativamente seco y rodeada de un material polvoriento de alto contenido de yeso, como lo es el guano descompuesto.

En forma muy especulativa pudiera pensarse que las aves abandonaron la Cueva por el efecto combinado, de la dificultad de acceso por la estrechez de la galería y por el estrés debido a la cacería. Hay que recordar que una galería de un diámetro de 1,5 m limita severamente la posibilidad de vuelo simultáneo de aves de cierta envergadura como lo son los guácharos, lo cual está reflejado en el listado de cavidades habitadas por esta ave, que suelen ser amplias (BOSQUE, 1986).

Los guácharos han seguido habitando en otras cuevas cercanas, como en la Cueva de los Carraos o del Peñón de las Guacas (Mi.14), mientras que en El Encantado se extinguieron

a fines del siglo pasado o a comienzos del presente (URBANI, 1999). Según testimonio del Sr. Juan Blanco (1906-) habitante de la zona de El Encantado, la tradición ancestral de cacería de guácharos continuó hasta las primeras décadas del presente siglo en la Cueva de los Carraos, donde los cazadores construían largas escaleras de bambú para superar los farallones y poder acceder a la Cueva. GALÁN (1981) y VILORIA *et al.* (1989) han documentado las técnicas de cacería del ave en la zona de Caripe y Perijá, respectivamente.

#### Paleoclimatología

- Con las cuatro determinaciones del perfil de guano (RZ2,4,5,6), se puede calcular la tasa de sedimentación del guano (Fig. 7). Los resultados se han redondeado a dos cifras significativas:

Profundidad (m)		Edad (a A.P.)		Tasa de sedimentación (cm/siglo)
Desde	hasta	Desde	hasta	
0	-0,75	0	1.060	7,10
-0,75	-1,35	1.060	9.310	0,73
-1,35	-2,45	9.310	12.750	3,20
-2,45	-3,55	12.750	13.310	20

Con estos resultados, si se utiliza la sección total (355 cm / 133,1 siglos) se obtiene una tasa de sedimentación promedio de 2,7 cm/siglo. Probablemente no sea adecuado comparar la tasa del nivel de 0 a -0,75 m con las cifras de los intervalos más profundos, debido a que en los primeros 25 cm el guano está muy fresco, tiene menor densidad y está poco biodegradado, además éste nivel está parcialmente afectado por el caminar de los visitantes. En consecuencia, si no se toman en cuenta los 75 cm más superficiales (280 cm / 122,5 siglos), se determina una tasa de sedimentación promedio de 2,3 cm/siglo para todo el resto de la sección.

En el guano de los primeros 25 cm (G1, Fig. 5) se observan restos de insectos y se identifican los minerales hidroxilapatito y struvita, mientras que en los niveles más profundos, a simple vista y bajo la lupa no se observan fragmentos orgánicos y la asociación mineralógica se estabiliza con una combinación anhidra de hidroxilapatito, whitlockita, yeso y otros minerales minoritarios (FOURNIER & URBANI, 1998).

Hace 12.750 a A.P. se registra una disminución de un orden de magnitud en la tasa de sedimentación del guano, variando desde 20 a 3,2 cm/siglo. Esto puede atribuirse a un cambio climático de un régimen húmedo a condiciones de aridez, lo cual haya hecho disminuir el tamaño de la colonia de murciélagos, al haber menor abundancia de insectos para su alimentación. Esta observación aproximadamente coincide con el período de aridez ocurrido en la cuenca del Lago de Valencia (SALGADO-LABOURIAU, 1980) y en los Andes Venezolanos (SHUBERT, 1988, 1989a,b; SCHUBERT & RINALDI, 1987; RULL, 1996) que abarca entre 13.400 y 11.500 a A.P.

Adicionalmente a razones paleoclimáticas, las variaciones en la tasa de sedimentación pueden estar adicionalmente influenciadas por cambios en las características morfológicas de la Galería de los Murciélagos. Probablemente ésta pudo haber sido mayor que la actual, hasta cierto momento en que

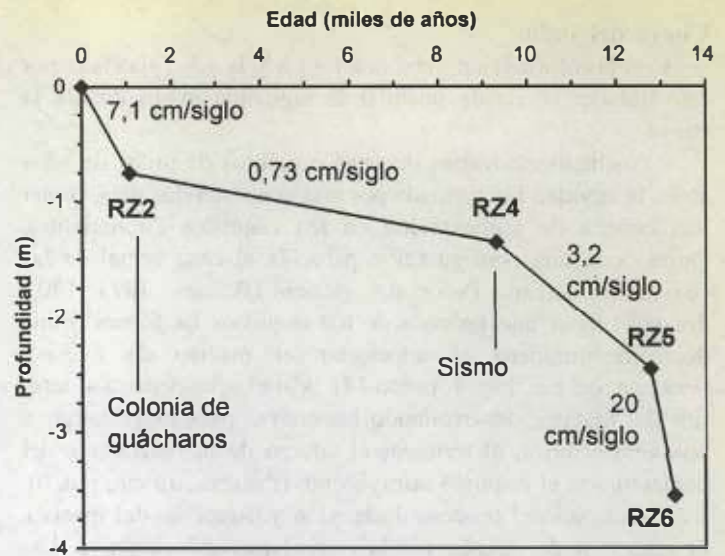


Fig. 7. Gráfico de profundidad vs. edad del guano en el perfil de la Cueva Ricardo Zuloaga. Se muestran las tasas de sedimentación.

algún paso estrecho se haya colmatado por la soliflucción del guano, haciendo disminuir su volumen y por ende el tamaño de la colonia. Igualmente los murciélagos pueden haber migrado a otros sectores de la Cueva, sobre esto cabe tener en cuenta que en la parte terminal de la Galería del Arpa, hay otro gran cono de guano descompuesto que proviene de alguna galería no accesible para los espeleólogos, que contiene o contuvo una gran colonia de murciélagos.

Para un futuro cercano se ha planificado la obtención de edades en otras cuevas del norte de Venezuela, con gruesos perfiles de guano.

- Interesa adelantar los resultados de un trabajo en preparación por la profesora Nuris Orihuela (UCV) y sus colaboradores, quienes utilizando métodos geofísicos de resistividad, en el centro de la Galería del Arpa determinaron un espesor de unos 10 m para el depósito de guano descompuesto. Si usamos la tasa promedio de sedimentación previamente calculada, se puede estimarse tentativamente la edad de la base de este depósito, resultando en unos 78 ka A.P. (1000 cm espesor / 2,3 cm/siglo = 44 ka, más la edad del tope de la sección que es de 34 ka A.P.). En consecuencia, para ese momento la cueva ya estaría inactiva y desde suficiente tiempo atrás, como para que los quirópteros la hubiesen colonizado en forma masiva, probablemente con una Galería de los Murciélagos, en condiciones morfológicas de "cueva caliente" similares a la actual. Debe dejarse bien claro, que debido a la gran variación de las tasas de sedimentación medidas, estos cálculos sólo constituyen una estimación del orden de magnitud, pero indudablemente muestra la importancia de poder contar con la edad en que el río Guaire dejó de circular por la Cueva, ya que esto permitiría calcular la tasa de profundización del cañón que forma el Río en el Peñón de Las Guacas.

- La muestra de guano colectada bajo la gruesa columna y costra estalagmítica de la Cueva Ricardo Zuloaga (RZ7), tiene una edad de 34,4 ka A.P. (37,1 - 32,4), que se solapa con la

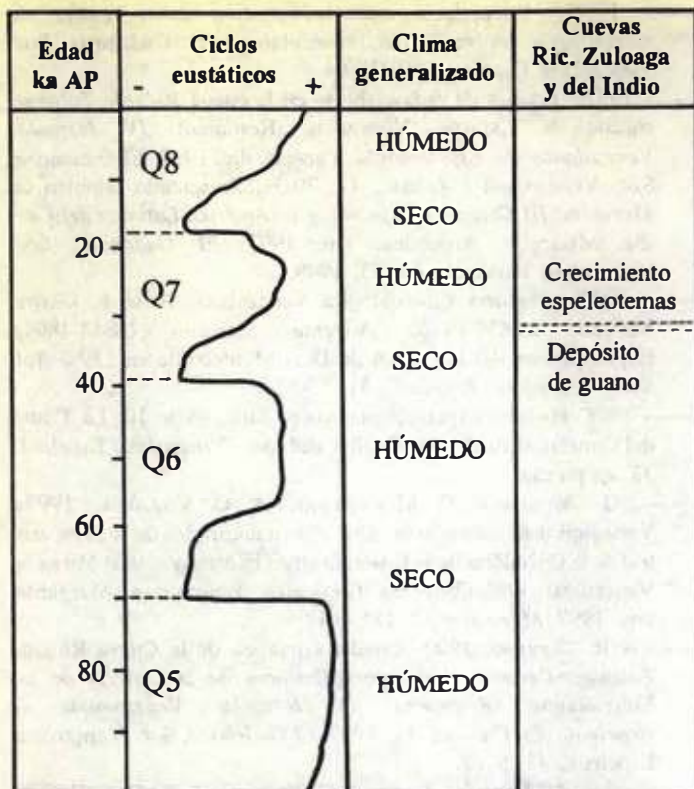


Fig. 8. Cambios eustáticos del nivel del mar en los últimos 100 mil años, los símbolos + y - indican niveles altos y bajos respectivamente (tomado de BEARD *et al.*, 1982). Se indica el clima generalizado, así como la posición del cambio climático registrado en las cuevas estudiadas.

edad de la Cueva del Indio [32,2 ka A.P. (37,1 - 29,2)], para una configuración similar de guano cubierto por una costra estalagmítica. Estos datos se refuerzan entre sí, confirmando un posible cambio de régimen climático, de árido a muy húmedo, hace unos 32-34 ka A.P.

Tanto en altas latitudes del hemisferio norte como en la zona del Caribe, esta edad corresponde a un período interstadial entre dos pulsaciones de la glaciación Wisconsin, Würm, Weichsel o Mérida (nombre variable según la región estudiada), que en forma global se caracterizó por un clima relativamente cálido-húmedo (LAURITZEN, 1995). Este mismo período corresponde al ciclo eustático Q7 (Fig. 8), es decir de ascenso de nivel del mar (BEARD *et al.*, 1982).

## SUMARIO Y CONCLUSIONES

Con las edades aquí presentadas es posible adelantar las siguientes interpretaciones, algunas muy preliminares:

- Los guácharos habitaron la Cueva Ricardo Zuloaga entre los siglos IX y X de nuestra era y posiblemente fueron cazados por los indígenas. El ave se distribuía en toda la galería principal, desde cerca de la boca superior hasta el salón inferior, donde todavía se ven los nidos.

- Hace 9,3 ka A.P. ocurrió un sismo de gran magnitud en la zona de Caracas, probablemente mayor que el sismo histórico de 1812.

- Hace unos 32 a 34 ka A.P. ocurrió un cambio climático significativo, pasando de condiciones climáticas relativamente

áridas a más húmedas, de manera que las cuevas entraron en una etapa de gran crecimiento de espeleotemas.

Las cuevas constituyen lugares privilegiados para mantener el registro de cambios climáticos del Cuaternario, por dicha razón en la última década se han incrementado los trabajos en este campo de investigación (e.g: LAURITZEN 1995; LAURITZEN & ONAC, 1996; ONAC & LAURITZEN, 1997). En Venezuela este es el primer intento en esta dirección, que espera continuarse con el convenio establecido entre la SVE y la Universidad de Bergen, Noruega.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Francisco Herrera, Luis Melo y Herbert Fournier, quienes ayudaron en las excavaciones, así como a todos los miembros de la SVE y estudiantes de la UCV que participaron en las actividades de campo. A la profesora Nuris Orihuela por sus trabajos geofísicos. A la Dra. Erika Wagner y M. Rinaldi por haber suministrado separatas de trabajos de Carlos Schubert. Muy en especial a Rafael Carreño, Francisco Herrera y Bernardo Urbani por las sugerencias y comentarios, así como a dos árbitros anónimos. Este trabajo fue financiado parcialmente por el CDCH-UCV, proyectos no. 95-804356 y 08-13-3629-95.

## BIBLIOGRAFIA

- AUDEMARD F. 1996. Paleoseismicity studies on the Oca-Ancón fault system, northwestern Venezuela. *Tectonophysics*, 259: 67-80.
- BEARD J. H. J. B. SANGREE & L. A. SMITH. 1982. Quaternary chronology, paleoclimate, depositional sequences and eustatic cycles. *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 66: 158-169.
- BOSQUE C. 1986. Actualización de la distribución del Guácharo (*Steatomis caripensis*) en Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 22: 1-10.
- CARREÑO R., F. URBANI & L. SAJO BOHUS. 1996. Concentración de radón en cuevas y túneles de Venezuela: notas de avance. *Jornadas Venezolanas sobre Técnicas Analíticas no Convencionales para un Desarrollo Sustentable*, Univ. Simón Bolívar, sede del Litoral, marzo 1996. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 38: 11-16.
- , — & — 1997. Las concentraciones de radón atmosférico en relación a la diversidad litológica de 44 cavidades venezolanas (Resumen). *IV Jornadas Venezolanas de Espeleología*, Caracas, dic. 1997. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 41: 6-7.
- FORTI P., F. URBANI & A. ROSSI. 1998. Minerales secundarios de las cuevas del Indio y Alfredo Jahn, Miranda, Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 32: 1-4.
- FOURNIER H. & F. URBANI. 1998. Mineralogía del guano de murciélagos de la Cueva Ricardo Zuloaga, Peñón de las Guacas, estado Miranda (Resumen). *Jornadas de Investigación Facultad de Ingeniería*, Univ. Central Venezuela, Caracas, nov. 1998. *Libro de resúmenes*, p. P. 290-291.
- GALÁN C. 1981. Técnicas de exploración utilizadas en la caza de guácharos. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 21: 28-35.
- LAURITZEN S. E. 1995. High-Resolution Paleotemperatures Proxy Record for the Last Interglaciation based on Norwegian Speleothems. *Quaternary Research*, 43: 133-146.
- & B. ONAC. 1996. Uranium-series dating of some speleothems from Romania. *Theoretical and Applied Karstology*, 8: 25-36.

- MILIÁN C. & J. QUINTERO. 1995. Observaciones sobre la dolomitización de los mármoles del Peñón de las Guacas, Miranda (Resumen). *III Jornadas Venezolanas de Espeleología*, 45 Convención Anual AsoVAC. *Acta Científica Venezolana*, 46(Sup. 1): 71. Reimpreso en *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 40: 3, 1997.
- NÚÑEZ M. 1995. Variación de color y mineralogía de los mármoles del Peñón de las Guacas, Miranda (Resumen). *III Jornadas Venezolanas de Espeleología*, 45 Convención Anual AsoVAC. *Acta Científica Venezolana*, 46(Sup. 1): 71. Reimpreso en *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 40: 3, 1997.
- ONAC B. & S. E. LAURITZEN. 1997. The climate of the last 150,000 years recorded in speleothems: preliminary results from north-western Romania. *Theoretical and Applied Karstology*, 9: 9-21.
- PEREIRA J. 1973. Notas preliminares sobre la mineralogía del "Peñón" de Iglesias, La Guairita, estado Miranda. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 4(2): 129-133.
- RULL V. 1996. Late Pleistocene and Holocene climates of Venezuela. *Quaternary International*, 31: 85-94.
- SALGADO-LABOURIAU M. L. 1980. A pollen diagram of the Pleistocene - Holocene boundary of Lake Valencia, Venezuela. *Res. Paleobot. Palynol.*, 30: 297-312.
- SCHUBERT C. 1988. Climatic changes during the Last Glacial Maximum in Northern South America: a review. *Interciencia*, Caracas, 13(3): 128-137.
- 1989a. Paleoclima del Pleistoceno Tardío en el Caribe y regiones adyacentes: un intento de compilación. *Ciencias de la Tierra y del Espacio*, Cuba, 15-16: 40-58.
- 1989b. Glaciaciones cuaternarias en el norte de América del Sur. *Mem. VII Congr. Geol. Venezolano*, Barquisimeto, 3: 1304-1317.
- & M. RINALDI. 1987. Nuevos datos sobre la cronología del estadio tardío de la Glaciación Mérida, Andes venezolanos. *Acta Científica Venezolana*, 38: 135-136.
- SILVA M. 1995. Mineralización del guano de murciélago de la Cueva Ricardo Zuloaga. Peñón de las Guacas, estado Miranda (Resumen). *III Jornadas Venezolanas de Espeleología*, 45 Convención Anual AsoVAC. *Acta Científica Venezolana*, 46(Sup. 1): 71. Reimpreso en *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 40: 3, 1997.
- SVE - SOCIEDAD VENEZOLANA DE ESPELEOLOGÍA. 1970. Catastro Espeleológico Nacional. Mi.24 - Cueva del Indio. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 3(1): 28-29.
- 1973. Catastro Espeleológico Nacional. Mi.42 - Cueva Ricardo Zuloaga. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 4(2): 204-207.
- URBANI F. 1969. Primera localidad fosilífera del Miembro Zenda de la Formación Las Brisas, Cueva El Indio, La Guairita, edo. Miranda. *Bol. Inf. Asoc. Venezolana Geología Minería y Petróleo*, 12(12): 446-453. Reimpreso en *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 7(1): 9-17, 1974.
- 1996a. Radioactividad ambiental en la Cueva Ricardo Zuloaga, estado Miranda: notas de avance. *Jornadas Venezolanas sobre Técnicas Analíticas no Convencionales para un Desarrollo Sustentable*, Universidad Simón Bolívar, sede del Litoral, marzo 1996. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 38: 17-24.
- 1996b. Recopilación de información sobre guano de murciélagos en cavidades venezolanas. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 39: 37-64.
- 1997a. Edades de radiocarbono en la cueva Ricardo Zuloaga, sureste de Caracas, Venezuela (Resumen). *IV Jornadas Venezolanas de Espeleología*, Caracas, dic. 1997. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 41: 30-31. Presentado también en *Memorias III Congreso Espeleológico América Latina y del Caribe*, Malargüe, Argentina, feb. 1997. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 43: 23, 1998.
- 1997b. Historia espeleológica venezolana. Parte 8. Gaspar Marcano (1850-1910). Vicente Marcano (1848-1891). Exploraciones del Ing. Juan de Dios Montserrate en 1894. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 31: 37-52.
- 1998. Historia espeleológica venezolana. Parte 10: La Cueva del Consumidero del Río Guaire. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 33, en prensa.
- , G. AROSTEGUI, C. MACHILLANDA & C. VILLALTA. 1997a. Variación del contenido de dolomita en mármoles de la parte central de la Cordillera de la Costa, Distrito Federal y estado Miranda, Venezuela. *VIII Congreso Geológico Venezolano*, Margarita, nov. 1997. *Memorias*, 2: 455-461.
- & R. CARREÑO. 1997. Estudio climático de la Cueva Ricardo Zuloaga, Caracas: variaciones térmicas de la Galería de los Murciélagos (Resumen). *IV Jornadas Venezolanas de Espeleología*, Caracas, dic. 1997. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 41: 9-10.
- , —, L. MELO, C. SILVA, J. C. YUNGANO & E. OHEP. 1997b. Perfiles de radioactividad gamma en algunas cavidades venezolanas con depósitos de guano de murciélagos (Resumen). *IV Jornadas Venezolanas de Espeleología*, Caracas, dic. 1997. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 41: 28-29.
- & A. LÓPEZ. 1994. Observaciones sobre dolomitización y desarrollo kárstico en los mármoles de los morros de la Guairita, sureste de Caracas. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 28: 10-12.
- & J. QUINTERO. 1997. Desarrollo kárstico y contenido de dolomita en mármoles: avance de los estudios en el Peñón de las Guacas, Miranda (Resumen). *IV Jornadas Venezolanas de Espeleología*, Caracas, dic. 1997. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 41: 25-26.
- , M. D. SOTO & E. DELGADO. 1995. Una ocurrencia de sepiolita en la Cueva Ricardo Zuloaga, Peñón de las Guacas, Miranda (Resumen). *III Jornadas Venezolanas de Espeleología*, 45 Convención Anual AsoVAC. *Acta Científica Venezolana*, 46(Sup. 1): 68-69. Reimpreso en *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 40: 0-1.
- VILORIA A., R. CALCHI & T. BARROS. 1989. Uso y significado de las cuevas en la cultura Barí de la cuenca de Maracaibo. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 27: 30-43.
- YUNGANO J. C., N. FERMÍN, M. BAQUERO, L. MELO & C. SILVA. 1997. Aspectos mineralógicos de la Cueva del Indio, estado Miranda (Resumen). *IV Jornadas Venezolanas de Espeleología*, Caracas, dic. 1997. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 41: 31-32.

## FAUNA CAVERNÍCOLA: AMBIENTE Y EVOLUCION

Carlos GALÁN<sup>1,2</sup> y Francisco F. HERRERA<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> Sociedad Venezolana de Espeleología, Apartado 47.334, Caracas 1041-A, Venezuela

<sup>2</sup> Sociedad de Ciencias Aranzadi, Alto Zorroaga 31, 20014 San Sebastián, España.

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de Exeter, Exeter EX4 - 4PS, Inglaterra.

E-mail: F.Herrera@exeter.ac.uk

## RESUMEN

Nuevas evidencias aportadas por estudios ecológicos y evolutivos, incluyendo nuevos datos sobre cavernícolas tropicales, cavernícolas en jóvenes cuevas de lava y organismos de habitats transicionales, modifican profundamente las bases teóricas de la bioespeleología. La teoría clásica y nuevos modelos son analizados y discutidos y una interpretación global es presentada en concordancia con los avances producidos.

Considerando simultáneamente ambientes tropicales y templados es propuesta una nueva zonación del habitat hipógeo, una redefinición de conceptos y una modificación de la clasificación ecológica de Schiner-Racovitza. La idea del habitat hipógeo como entidad única y la idea de la necesidad del aislamiento geográfico para producir la especiación y posterior evolución troglóbica, son puestas en cuestión.

La zonación propuesta tiene en cuenta la disponibilidad de alimento, la composición del aire y el régimen hídrico en la red de vacíos del karst como variables que incrementan gradualmente la adversidad del medio. Los ambientes hipógeos postulados son: superficial, intermedio y profundo; es en este último donde ocurre la aparición de los troglóbios.

Se propone una modificación del sistema Schiner-Racovitza, pero no en términos de si los organismos completan o no su ciclo de vida en las cuevas, sino en qué ambiente y qué mecanismos actúan. Igualmente, destacamos la importancia de comparar el grado de troglomorfismo con los fenotipos de especies no-troglóbicas del mismo grupo taxonómico.

Finalmente se plantea la especiación simpátrica-parapátrica como modelos alternativos para explicar la aparición de nuevas especies cavernícolas, tanto troglófilas como troglóbicas, en presencia de flujo de genes. Este proceso puede ocurrir de manera gradual por deriva de habitat y selección divergente a través de mecanismos intrínsecos de aislamiento pre-cópula, y puede también implicar una rápida divergencia promovida por factores como neotenia, paedomorfosis y recombinación genética. El entero proceso está modulado por una activa colonización del habitat hipógeo por los organismos y por la adversidad creciente del medio, que alcanza valores extremos en el ambiente profundo de las cuevas.

*Palabras claves:* Bioespeleología, fauna cavernícola, troglomorfismo, ecología, adaptación, especiación, evolución, troglóbios.

## ABSTRACT

*Cave fauna: environment and evolution*

New evidence obtained from ecological and evolutionary studies, and new data about tropical and lavic cave-dwellers and transitional habitats organisms, extensively modify the current biospeleological knowledge. The classic theory and new models are reviewed and discussed, and a global interpretation of cave fauna evolution is presented according with current knowledge. Considering both tropical and temperate environments, we have proposed a new cave zonation, redefined some speleological concepts and modified Schiner-Racovitza ecological classification. We questioned the ideas of considering hypogean environments as a unique entity and the required geographic isolation to produce speciation and following troglóbite evolution.

The zonation we have proposed is based on food availability, air composition and hydric cycles in karst voids web, which gradually increase environmental stress. The zonation has three environments: superficial, intermediate and deep cave, and it is in the last-named that we suggest troglóbites occur.

Our modifications to the Schiner-Racovitza classification are not based on whether or not the organisms complete their life cycles within the cave, but the location within the cave and the mechanisms involved. This highlights the importance of comparing the troglomorphism degree of cave-dwellers with the phenotypes of non-troglóbites species belonging to the same taxonomic group.

Finally we propose sympatric and parapatric speciation as alternative models to explain the origin of new cavernicolous species, both troglóbites and troglóphiles, in the presence of gene flow. This process can occur gradually by habitat drift and divergent selection through intrinsic mechanisms of pre-cópula isolation, and could also imply a quick divergence promoted by factors like neotenia, paedomorphosis and genetic recombination. The entire process is modulated by an active colonisation of the hypogean habitat by organisms and by increasing environmental stress, which reaches extreme values in the deep cave environment.

*Key words:* Biospeleology, cave-fauna, troglomorphism, ecology, adaptation, speciation, evolution, troglóbites.

## INTRODUCCION

Datos obtenidos durante la última década sobre fauna cavernícola tropical, cavernícolas en jóvenes cuevas de lava y organismos de habitats transicionales, han modificado profundamente las concepciones tradicionales sobre la adaptación y evolución de la fauna cavernícola (LIFFE, 1990; HOWARTH, 1991; DANIELOPOL & ROUCH, 1991; GALÁN, 1995, entre otros).

Las hipótesis clásicas que han sustentado el conocimiento teórico de la bioespeleología (VANDEL, 1965; BARR, 1968) estuvieron basadas únicamente en ejemplos de zonas

templadas. En términos biogeográficos los troglobios de zonas templadas eran considerados relictos, y que su evolución cavernícola había estado comandada por los grandes cambios climáticos del glaciario Plio-Pleistoceno. Se pensaba que era necesaria la eliminación de poblaciones de superficie para aislar a los cavernícolas estrictos; y que la evolución posterior de éstos, bajo la peculiar presión de selección del ambiente hipógeo, conducía a las características troglobias. Como durante los episodios fríos muchas cuevas templadas experimentaron una reducción de recursos tróficos, se asociaba la adquisición de troglomorfismos y la adopción de una estrategia de vida de la K a la escasez de recursos y a mecanismos de economía de energía, o bien, a ortogénesis (BARR, 1968). La falta de troglobios en zonas tropicales era supuestamente debida a la ausencia de vicisitudes climáticas y a la abundancia de recursos (MITCHELL, 1969).

En esta visión general está implícita la idea de que la especiación y evolución de la fauna cavernícola ocurre alopátricamente. Las ideas -fuertemente predominantes- de MAYR (1963, 1983) sobre la alopatria como modo cuasi-único de especiación, contribuyeron a reforzar esta visión, y los alopatriotas más ortodoxos aún siguen sin aceptar que la especiación es posible en presencia de flujo de genes. La especiación alopátrica es consistente con la idea de que la evolución cavernícola requiere una considerable cantidad de tiempo, y con el hecho constatado de existir muchos ejemplos de vicarianza, particularmente en stygobios.

Un aporte importante a la comprensión de los procesos evolutivos en cavernícolas fue el hallazgo en cuevas tropicales de organismos que son claramente no-relictuales (CHAPMAN, 1986). A diferencia de lo que ocurre en zonas templadas, muchos troglobios tropicales tienen parientes epigeos, no-troglomorfos, taxonómicamente próximos, a veces co-habitando en la misma cueva (RODRÍGUEZ & BOSQUE, 1990; KANE & CULVER, 1992).

En las últimas décadas, la investigación en el campo evolutivo ha mostrado que los modos de especiación simpátrico y parapátrico no sólo son posibles, sino que son ampliamente predominantes en la Naturaleza en los grupos zoológicos que comprenden el mayor número de especies (BUSH, 1975, 1994; OTTE & ENDLER, 1989).

HOWARTH (1986, 1993), CHAPMAN (1986), y GALÁN (1982, 1993, 1995), entre otros, han señalado que la especiación en cavernícolas puede ocurrir simpátrica o parapátricamente con más frecuencia de lo que ha sido supuesto previamente, y que la alopatria en muchos casos es un resultado posterior que afecta a la distribución, pero no al mecanismo de especiación ni a la especialización troglobia. Una visión similar está emergiendo para la fauna acuática subterránea (ROUCH & DANIELOPOL, 1987; YAGER, 1987; KANE & CULVER, 1992). Ejemplos de cuevas lávicas han podido demostrar una escasa antigüedad del habitat, lo que confirma sin lugar a dudas que la evolución troglobia puede ser un proceso rápido en el tiempo (HOWARTH, 1991).

Hoy resulta claro que aunque los troglobios son característicos del ambiente profundo de las cuevas, no son exclusivos de éstas de modo absoluto; algunos de ellos -pero

no todos- pueden presentarse facultativa o simultáneamente en habitats próximos o transicionales (como el medio subterráneo superficial -MSS- o el intersticial). Sin embargo, la mayor parte de la fauna edáfica e intersticial no es cavernícola ni troglomorfa, existiendo considerables diferencias ecológicas y biológicas entre estos conjuntos faunísticos.

Aunque hoy emerge una visión de mayor complejidad, donde resulta difícil generalizar reglas simples para todos los casos presentados por los distintos grupos zoológicos, es posible elucidar lo esencial de la evolución troglomorfa de los cavernícolas, caracterizada precisamente por la acentuada convergencia de caracteres morfológicos, fisiológicos y comportamentales. Ello requiere redefinir conceptos y ordenarlos de modo que no se presten a confusiones semánticas.

El objetivo del presente trabajo es revisar los conocimientos más recientes obtenidos en las áreas de genética y ecología evolutiva, e integrarlos con los hallazgos bioespeleológicos producidos como consecuencia del estudio de sistemas tropicales, cuevas lávicas y ambientes transicionales, con el propósito de establecer una síntesis actualizada de los conceptos en bioespeleología.

El trabajo está dividido en tres partes. En la primera parte se analizan las características del medio hipógeo y como éstas determinan un gradiente de adversidad creciente a medida que se profundiza en las cavidades. Este planteamiento va acompañado de una re-definición de la zonación hipógea y su relación con ambientes transicionales, tanto en zonas templadas como tropicales.

Explicar como la adversidad creciente del medio subterráneo determina el proceso de colonización activa de las cuevas y la aparición de adaptaciones (troglomorfismos) en los organismos cavernícolas, constituye el objetivo principal de la segunda parte.

La última porción del estudio se inicia con una revisión del concepto de especie y la importancia aparente del aislamiento reproductivo; para luego profundizar en las evidencias que sustentan los modos de especiación no-alopátricos en ambientes superficiales, y con mayor detalle en sistemas cavernícolas. El estudio culmina con una re-definición del sistema de clasificación de la fauna de cuevas de Schiner-Racovitza basada en los conceptos tratados a lo largo del trabajo.

Las fuentes de obtención de datos son muy diversas, pero una parte esencial de la interpretación se basa en observaciones en cavernas de diversa litología (calizas, lava, yeso, cuarcitas) de zonas tropicales y templadas, principalmente de América Latina y el Caribe (Venezuela, Brasil, Argentina, Cuba, Antillas holandesas), Europa (España y Francia) y Africa (Guinea Ecuatorial, Islas Canarias).

El texto no sólo concierne a la particular evolución de las especies cavernícolas; también aborda diversos conceptos biológicos modernos y el fondo geológico y geomorfológico que acompaña a la evolución orgánica.



## CARACTERÍSTICAS DEL AMBIENTE HIPOGEO

Las principales características del ambiente en la zona profunda de las cuevas ("deep cave environment") incluyen: perpetua oscuridad total; elevada humedad relativa; compleja red tridimensional de espacios; conductos y galerías de muy diversos tamaños; en ocasiones elevadas concentraciones de dióxido de carbono y otras mezclas de gases, incluyendo gases letales; bajo contenido de oxígeno disuelto en las aguas, pudiendo quedar éstas estancadas, aisladas periódicamente del drenaje normal, mientras que en otras ocasiones las galerías y espacios aéreos quedan inundados por crecidas que las anegan completamente; extensos sustratos rocosos, húmedos y con superficies verticales resbaladizas; fuentes de alimento generalmente escasas y desigualmente distribuidas, con ausencia de organismos fotosintetizadores y materiales vegetales verdes, y con predominio de detritos de materia orgánica introducidos por percolación e inundación, junto con restos de troglóxenos.

### 1. Recursos tróficos en el habitat subterráneo

Los principales recursos tróficos en cuevas son materiales orgánicos transportados por el agua y la gravedad desde los ecosistemas de superficie, generalmente bajo la forma de detritos. Estos fundamentalmente ingresan al habitat subterráneo transportados por las aguas de infiltración, bien sea en forma difusa (percolación a través de toda la superficie) o concentrada (ríos epígeos que ingresan a través de sumideros y aportan numerosos depósitos de crecida). La fauna troglóxena en su conjunto constituye así mismo un aporte de materia orgánica para cavernícolas especializados, no sólo los organismos vivos sino también sus cadáveres y sus producciones. A ello puede agregarse una fuente interna de energía proveniente de la síntesis de bacterias quimioautótrofas, principalmente Ferrobacteria, Thiobacteria y bacterias nitrificantes que viven en la arcilla (GOUNOT, 1967), que en ocasiones puede ser importante (SARBU, 1990). Estas bacterias autótrofas poseen la capacidad de sintetizar vitaminas, oligoelementos y factores de crecimiento; los animales han perdido esta capacidad y ante la ausencia de plantas verdes en el medio hipógeo estas sustancias son aportadas por bacterias y hongos. Las Thiobacteria pueden sintetizar rivo flavina, pyridoxina, vitamina B12, ácido nicotínico, ácido pantotéico; los Actinomycetes pueden sintetizar carotenos (FISCHER, 1959; GOUNOT, 1960; VANDEL, 1965). En zona tropical puede agregarse un limitado aporte de raíces de plantas que penetran a través de fisuras en busca de agua y que eventualmente pueden alcanzar galerías subterráneas a poca profundidad; este aporte puede ser más importante en cuevas lávicas, ya que las coladas de lava se extienden superficialmente (HOWARTH, 1983; GALÁN, 1986).

El habitat subterráneo ocupa un volumen tridimensional y los límites con los ecosistemas de superficie no sólo son horizontales sino principalmente verticales. Tanto en áreas kársticas como volcánicas, una considerable cantidad de energía bajo la forma de materia orgánica está continuamente

siendo sustraída de superficie e ingresada a la red de vacíos del habitat subterráneo.

### 2. Atmósfera subterránea

Aunque la atmósfera subterránea mantiene unas condiciones climáticas relativamente constantes, puede existir una marcada variabilidad en los parámetros meteorológicos según se trate de zonas bien ventiladas (con importante intercambio y renovación de aire) o de zonas confinadas (con un régimen de aire estancado). Esto depende en gran medida del tamaño de los conductos, del patrón de la red de galerías de la cueva, del carácter y extensión de la interacción entre las atmósferas exterior e interior, y de las características del sistema hidrogeológico de drenaje.

#### 2.1. Temperatura y humedad relativa

En la atmósfera subterránea las diferencias de temperatura y humedad relativa pueden alcanzar 5-6°C y 30% de humedad relativa en galerías y cuevas ventiladas, pero generalmente son mucho menores en la zona profunda, pequeños espacios y en cuevas con restringido intercambio de aire. En estos casos, el régimen es isotérmico, con temperatura prácticamente constante y cercanas a la temperatura media anual de la región en donde se ubica la cavidad, y con humedad relativa de 100% y frecuentes casos de sobresaturación y condensación. Este régimen puede ser influido por variaciones en la temperatura del agua, normalmente con valores inferiores en 1-2°C a la temperatura del aire.

La mayoría de los troglobios habita en mesocavernas y pequeños espacios vecinos a éstas, donde predomina un régimen de aire estancado o calmo, con elevada humedad. Este habitat, de pequeñas galerías y pasajes (diámetros de 1 mm a 20 cm), es menos aireado que las macrocavernas (diámetros mayores de 20 cm -hasta varios metros-) y constituye un ambiente adverso, con elevadas concentraciones de dióxido de carbono y otras mezclas de gases provenientes de la disolución de la caliza y de la descomposición de la materia orgánica. Este es un importante factor que sin duda interviene en la biología de las especies cavernícolas.

Diversos autores han señalado el predominio de troglobios en pequeños espacios y en la zona profunda con aire en calma (JUBERTHIE, 1983; UENO, 1987; OROMI *et al.*, 1991; GALÁN, 1993; HOWARTH, 1993). Este ambiente constituye el habitat de los cavernícolas estrictos. No obstante, algunos individuos de especies troglobias ocasionalmente son hallados en pasajes más aireados, siempre que la humedad relativa sea elevada y que parte de ésta esté presente bajo la forma de películas de agua sobre la roca y espeleotemas (GALÁN, 1993; HOWARTH, 1993). La mayoría de los cavernícolas facultativos, en cambio, son hallados en galerías más aireadas.

#### 2.2. Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

En la zona profunda de las cuevas la concentración del

dióxido de carbono es más elevada que en galerías ventiladas, debido al menor intercambio de aire, y la concentración de CO<sub>2</sub> puede alcanzar valores del 10% en volumen o incluso superiores. Este incremento en la concentración de CO<sub>2</sub> es un proceso normal y ampliamente extendido en la zona vadosa del karst y es un resultado simple de la disolución de la roca caliza por las aguas de infiltración; el CO<sub>2</sub> en exceso aporta su agresividad a las aguas de infiltración para proseguir la disolución de la roca en la zona saturada del karst ("zona freática" de los autores anglosajones) (GALÁN, 1991a). Las altas concentraciones de CO<sub>2</sub> también se presentan en otras litologías (eg: HOWARTH & STONE, 1990).

La concentración de CO<sub>2</sub> y otros gases puede ser mucho mayor localmente, en zonas poco ventiladas y con rellenos de materia orgánica. Casos de condiciones anóxicas han sido reportados en la zona terminal de la cueva Coy-coy de Acurigua y cueva-haitón de Sabana Grande (Edo. Falcón, Venezuela) (GALÁN & LAGARDE, 1987) y en cuevas de la región de Januaria e Itacarambí (Minas Gerais, Brasil) (GALÁN, 1995). Muchos otros autores han reportado casos similares en la literatura espeleológica. El CO<sub>2</sub> proviene de la descomposición de materiales vegetales aportados por las crecidas o de la fermentación de materia orgánica contenida en el limo y sedimentos de zonas bajas de galerías hidrológicamente activas. La fermentación de depósitos de guano de quirópteros, que suelen constituir un importante relleno en cuevas tropicales, normalmente libera amoníaco y gases nitrogenados, además de CO<sub>2</sub>. En lugares donde la concentración de murciélagos es elevada (varios miles a decenas de miles de individuos), el calor liberado por sus cuerpos eleva la temperatura del aire en varios grados, generando zonas y puntos "calientes", como es común en muchas "cuevas calientes" de Cuba y costa norte de Venezuela (ver foto portada). El "guano" de guácharos (*Steatornis caripensis*), pese a formar depósitos aún más extensos, es depositado en galerías amplias bien ventiladas, por lo que raramente enrarece la atmósfera subterránea. Este sustrato es fundamentalmente un residuo vegetal formado por semillas de lauráceas, burseráceas y palmas, siendo rico en fósforo, nitrógeno y materia orgánica, y su pH decrece con la profundidad, albergando una artropofauna abundante en la superficie (HERRERA, 1995).

### 2.3. Radioactividad natural

Las principales rocas karstificables (caliza, dolomita, yeso) pueden contener pequeñas cantidades dispersas de uranio y torio. Uno de los miembros de la serie de desintegración del uranio, el gas radón, es capaz de difundirse en el interior de las cavernas a una tasa considerable, y la atmósfera subterránea puede contener altas concentraciones en comparación con la atmósfera externa.

Si bien pueden existir diferencias en la tasa de emanación de radón, principalmente las concentraciones de radón son altamente dependientes del flujo de aire y, por lo tanto, de su renovación en la caverna o parte de ésta. Las más altas concentraciones son alcanzadas invariablemente en las zonas profundas o más pobremente ventiladas.

Estudios recientes han mostrado la existencia de altas (y variables) concentraciones de radón en el aire de las cuevas. KLIMCHOUK & NASEDKIN (1992) reportan concentraciones de 5,82-68,11 kBq/m<sup>3</sup> en cuevas de Ucrania y Rusia. TEIXEIRA *et al.* (1991) obtiene valores de 5-45 kBq/m<sup>3</sup> para cuevas de Portugal. AHLSTRAND (1980) y HILL (1987) reportan valores de hasta 3,7 kBq/m<sup>3</sup> en cuevas relativamente bien ventiladas de New Mexico y Texas (USA). SAJO-BOHUS *et al.* (1995) han reportado valores de hasta 80,1 kBq/m<sup>3</sup> en cuevas de Venezuela, incluyendo cuevas turísticas como la conocida Cueva del Guácharo.

Concentraciones por encima de 0,5 kBq/m<sup>3</sup> son consideradas dañinas para la salud humana (ICRP, 1987). Se ha especulado sobre el posible efecto nocivo del aire de las cuevas para espeleólogos, el cual es considerado bajo debido al escaso tiempo de permanencia en las mismas; sin embargo, es admitido que una permanencia continua bajo tales condiciones tendría severas consecuencias.

La elevada radioactividad característica del aire de las cuevas y la desintegración radioactiva, acompañan la ionización del aire y la formación y condensación de hidroaerosoles y aerosoles sólidos autóctonos (GADROS, 1986, 1989). De este modo las sustancias minerales pueden ser disueltas y una fase sólida es introducida en el aire de las cuevas. Estas sustancias, transportadas por el flujo de aire, pueden ser precipitadas y dar origen a muy diversos tipos de espeleotemas, como crecimientos de yeso y espeleotemas de calcita tipo pop-corn, excéntricas y formas coraloides parietales (KLIMCHOUK *et al.*, 1995). Depósitos y espeleotemas de sílice, ópalo y goethita son comunes en cuevas en cuarcitas precámbricas de la Guayana venezolana (URBANI, 1977, 1996; GALÁN & URBANI, 1987; GALÁN, 1991b). Algunos de estos espeleotemas pueden también haber sido formados por precipitación de aerosoles.

De igual modo las aguas subterráneas son influidas por la radioactividad natural y sustancias minerales disueltas, y en los gour y pequeños cuerpos de agua -a menudo aislados periódicamente de la red de drenaje normal- es común un bajo contenido de oxígeno disuelto. En otras ocasiones el ácido sulfúrico ha tenido considerable importancia en la espeleogénesis y las aguas kársticas pueden contener altos tenores de sulfatos (AULER, 1995) generando extensos recubrimientos de epsomita y espeleotemas de yeso y bassanita, como en los casos reportados por GALÁN (1996) para cuevas del estado de Bahia (Brasil); en estas aguas, prácticamente saturadas en sulfatos, habitan, no obstante, cavernícolas acuáticos.

La incidencia de estos factores sobre las formas de vida cavernícolas no ha sido estudiada. Pero la alta radioactividad natural y las características del aire podrían incrementar la adversidad del ambiente profundo para los organismos que lo habitan, con la potencialidad de alterar las tasas de mutaciones y recombinación genética, traduciéndose posteriormente en cambios fenotípicos.

### 3. Habitat subterráneo: zonación y redefinición

Para referirse al habitat subterráneo de los cavernícolas

como un ambiente adverso es necesario tener en cuenta, en primer lugar, la distribución espacial y la escala de dimensiones de los vacíos subterráneos. Ello probablemente implica una redefinición de qué se entiende por habitat subterráneo o hipógeo, respecto a los ambientes de superficie, para los organismos que completan en él su ciclo de vida. La zonación de los espacios subterráneos implica colocar límites arbitrarios a lo que en realidad son gradientes.

Las cavernas, en general, poseen una zonación física característica (Fig. 1). Resumidamente puede hablarse de dos regiones, subdivididas en 4 zonas distintas. Una región A, que comprende ambientes subsuperficiales y transicionales, y una región B, que comprende los ambientes subterráneos propiamente dichos. La región A comprende una zona de entrada en penumbra y una zona de transición; la región B comprende una zona ventilada y una zona profunda de aire en calma. Esta zonación corresponde aproximadamente a la propuesta por HOWARTH (1991) para cuevas en lava.

La zona de entrada más superficial, ubicada en la región A, suele recibir luz durante parte del día y a menudo se encuentra en ella plantas verdes y rellenos de materiales orgánicos procedentes del exterior. Sigue a continuación un sector en penumbra, de variable extensión, que muestra una gradación en los parámetros físicos, la cual va acompañada de una gradación paralela en la vegetación. A medida que se profundiza hacia la zona oscura la vegetación de plantas vasculares ombrófilas es seguida por criptógamas y finalmente por películas de algas. La fauna incluye muchos troglóxenos regulares, tanto sobre las paredes de roca (asociación parietal de las cuevas europeas) como entre los bloques y rellenos orgánicos del suelo, predominando en

éstos las formas endógeas. Esta zona sirve frecuentemente de refugio a muchos invertebrados epígeos e higrófilos, que acuden a ella en busca de protección y condiciones más húmedas que las de superficie. Gran parte de esta fauna se extiende a la siguiente zona.

Ya en oscuridad total se extiende otra zona, transicional, desprovista de plantas verdes y caracterizada por variaciones climáticas importantes, formando parte de la región que hemos denominado A. Esta zona es muy dinámica y de límites ambiguos, está sujeta a oscilaciones en la humedad atmosférica (diarias o estacionales), asociadas a la variación de temperatura y al intercambio de aire con el exterior. La fauna troglóxena predomina en esta región. Según el grado de desarrollo y biología de los organismos, éstos adquieren mayor independencia con relación al medio físico; muchos troglóxenos regulares -tal como dípteros, arácnidos, guácharos y quirópteros- pueden penetrar profundamente en las cuevas e instalarse en ellas durante parte de su ciclo de vida.

La región B es en cambio climáticamente muy poco variable, en total oscuridad y con humedad relativa igual o muy próxima a valores de saturación. En ella puede distinguirse: una zona bien aireada o ventilada, que comprende parte de la red de galerías visitables por el ser humano (macrocavernas), donde es frecuente la renovación del aire, y una zona de aire en calma o confinado, de más lenta renovación, pudiendo presentar altas concentraciones de CO<sub>2</sub> y otros gases (YARBOROUGH, 1978). Esta zona comprende las partes más profundas de macrocavernas, galerías terminadas en "cul de sac" y una red de mesocavernas y vacíos menores, más profundamente incluidos en la roca-caja. En parte esta zona

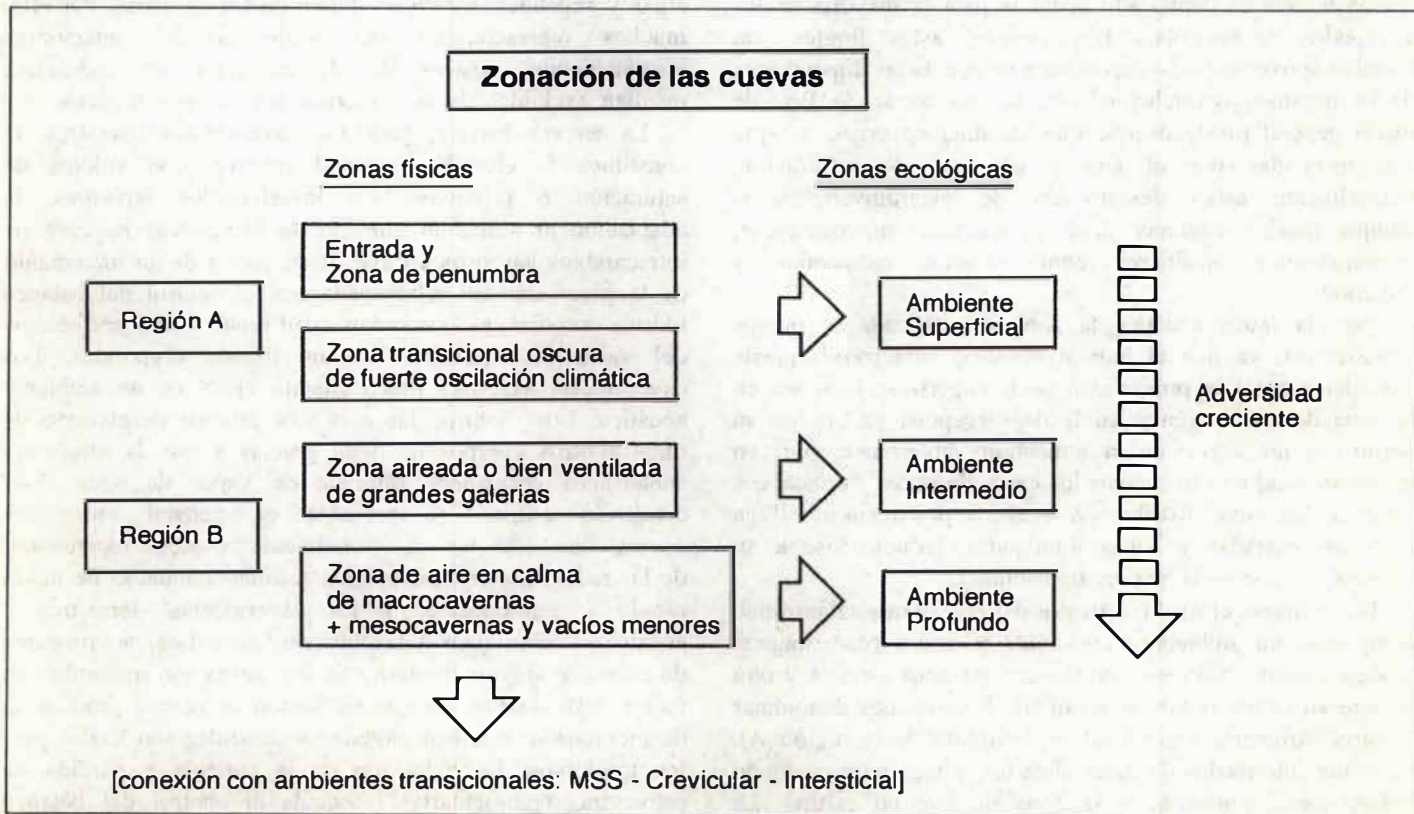


Fig. 1. Zonación de las cuevas.

está constituida por mesocavernas y espacios menores, no accesibles a la penetración humana.

La región B constituye el habitat subterráneo propiamente dicho. En la zona oscura ventilada predominan los troglófilos; los cavernícolas estrictos o troglobios ingresan eventualmente en ella si las condiciones de humedad son adecuadas. La zona oscura de aire en calma, mesocavernas y espacios menores contiguos a éstas, son el habitat característico de los troglobios; los troglófilos son accidentales en esta zona, ya que habitualmente no son aptos para mantenerse indefinidamente en ella. Esta zona - profunda- puede por tanto comprender vacíos en muy diversa posición topográfica, incluso en la proximidad de la entrada y sector de penumbra.

En nuestra opinión, la definición ecológica de troglófilos y troglobios, entendida ésta como la de aquellos seres que completan su ciclo vital en la caverna (sean facultativos o exclusivos) y están más o menos adaptados para la vida en ella, debe excluir la región A, ya que muchos troglófilos (incluso accidentales) son capaces de reproducirse y completar su ciclo de vida en las zonas transicionales. Esto es particularmente cierto en cuevas tropicales, de grandes bocas e importante volumen, en las cuales la región A puede tener gran extensión.

En la red tridimensional de espacios que afecta al volumen de un macizo, HOWARTH (1983) distinguió tres clases de tamaño biológicamente significativas: macrocavernas (diámetros mayores de 20 cm), mesocavernas (0,1 a 20 cm) y microcavernas (menores de 0,1 cm). La primera admite grandes vertebrados, la segunda es caracterizada por un microclima favorable a los artrópodos cavernícolas, mientras que la tercera es demasiado pequeña para la mayoría de los artrópodos cavernícolas. Lógicamente, estos límites son también aproximados, y dependen a su vez de las dimensiones de los organismos (incluyendo sus formas larvianas). Pero de modo general puede decirse que las microcavernas, aunque son recorridas por el aire y el agua de infiltración, normalmente están desprovistas de macroinvertebrados, aunque pueden contener diversos animales microscópicos, principalmente acuáticos, como ácaros, ostrácodos y copépodos.

Para la fauna acuática la zonación indicada es menos significativa, ya que el habitat acuático subterráneo puede extenderse hasta la proximidad de la superficie, bien sea en la zona de infiltración o en la de surgencia, ya que en su definición no interviene la atmósfera subterránea. Así, en medio tropical son frecuentes los casos de peces y crustáceos cavernícolas cuya distribución acuática prácticamente llega hasta las entradas y zonas iluminadas, reduciéndose a su mínima expresión la región transicional.

En resumen, el medio terrestre del ecosistema subterráneo comprende un ambiente transicional y otro verdaderamente hipógeo, subdividido este último en una zona aireada y otra de aire en calma o menos ventilada. Proponemos denominar a éstos: Ambiente superficial (el conjunto de la región A), ambiente intermedio (la zona aireada), y ambiente profundo ("deep cave" ambiente = la zona de aire en calma). La posición topográfica y extensión de estos ambientes depende

de la morfología del macizo y sus cavidades y del régimen de intercambio de aire. Entre unos y otros ambientes existen gradientes y no límites estrictos.

#### 4. Condiciones adversas del habitat subterráneo

En las cavernas, la severidad del medio se acrecienta al profundizar en él, desde la superficie hacia el interior de la roca. Para adaptarse al ambiente subterráneo los organismos tendrán que superar una serie de gradientes o barreras, físicas y ecológicas.

La primera barrera la constituye la oscuridad total. Algunos invertebrados troglófilos dotados de quimiorreceptores o vertebrados dotados de ecolocación, podrán superar esta barrera y desplazarse en la zona oscura; pero la inmensa mayoría de los animales no está dotada de mecanismos de orientación que les permitan desenvolverse en oscuridad total. Los animales capaces de visión nocturna en realidad están adaptados a utilizar bajas intensidades luminosas, pero son incapaces de ver en oscuridad total.

La segunda barrera es trófica. Desde un punto de vista alimentario, los cavernícolas son detritívoros (o carnívoros que predan sobre éstos). Incluso los considerados carnívoros son omnívoros o parcialmente detritívoros, al menos durante parte de su ciclo de vida. Los cavernícolas se alimentan en realidad de fragmentos de materia orgánica, de origen vegetal y animal, que ingresan por gravedad y arrastre por las aguas de infiltración, especialmente coloides y solutos depositados por las aguas percolantes y depósitos de crecida. A diferencia de las cavernas, en el medio intersticial y en el edáfico normalmente está presente un cierto porcentaje de algas y vegetales, los cuales faltan en las cavernas. Por ello, muchos representantes del suelo o del intersticial, aparentemente capaces de desenvolverse en oscuridad, resultan excluidos de las cavernas por razones tróficas.

La tercera barrera, para los cavernícolas terrestres, la constituye la elevada humedad relativa, con valores de saturación o próximos. En invertebrados terrestres, la adaptación al ambiente húmedo de las cuevas requiere de intercambios gaseosos a través de la piel y de un incremento de la permeabilidad relacionada con el control del balance hídrico corporal, ya que la humedad relativa está por encima del valor de equilibrio de sus fluidos corporales. Los cavernícolas terrestres prácticamente viven en un ambiente acuático. Los cavernícolas acuáticos pueden desplazarse de unos a otros cuerpos de agua gracias a que la atmósfera subterránea permanece saturada de vapor de agua. Esta condición anfibia se presenta en general entre los cavernícolas estrictos. Adicionalmente, grandes extensiones de las redes subterráneas pueden resultar inundadas de modo rápido e impredecible; y los cavernícolas -terrestres y acuáticos- sobreviven a las inundaciones. Los movimientos de masas de aire en el interior de las cuevas son en cambio un factor desfavorable, ya que su acción desecante produce la deshidratación: mínimas cantidades de aridez son letales para los troglobios. La reducción de la cutícula y pérdida de estructuras tegumentarias (asociada al control del balance hídrico) afecta a ojos y pigmentación, y es en parte

independiente de requerimientos energéticos (SEMENOVA, 1961; GALÁN, 1993). Muchas de las reducciones de los cavernícolas están pleiotrópicamente relacionadas y son controladas por vía genética y hormonal. La elevada humedad de las cavernas juega así un importante papel en la adaptación de los organismos al ambiente hipógeo.

Barreras adicionales las constituyen las habilidades de los organismos para desenvolverse en el ambiente profundo, donde se acrecientan las condiciones adversas: recursos tróficos dispersos y escasos; red tridimensional y laberíntica de vacíos -a menudo con superficies rocosas húmedas y resbaladizas-; atmósfera saturada con mezcla de gases; elevada radioactividad natural; niveles subóptimos de CO<sub>2</sub> y oxígeno en el aire (HOWARTH, 1993), y bajo contenido de oxígeno en los cuerpos de agua. Los cavernícolas deben adaptarse a vivir en estas condiciones de severo stress. La reducida tasa metabólica de los cavernícolas probablemente es uno de los mecanismos involucrados para sobrevivir bajo tales condiciones. Pocos animales pueden explotar el bioma subterráneo, aún cuando -paradójicamente- los recursos tróficos puedan ser importantes.

El habitat subterráneo es creado y ampliado progresivamente. Este proceso de creación de vacíos -llamado karstificación- va acompañado del hundimiento del drenaje y de la formación de galerías aéreas con atmósfera saturada de vapor de agua. Para los organismos epígeos de la vecindad inmediata y de medios transicionales se ofrece un nuevo habitat, con cierta cantidad de recursos tróficos, que han sido sustraídos de los ambientes superficiales. Como toda área nueva, ésta se encuentra disponible a la colonización de aquellos organismos que sean capaces de utilizar dichos recursos y posean la aptitud necesaria para desenvolverse en el nuevo medio. Este es comparativamente más adverso a medida que se profundiza en él. Pero a la vez es un medio estable climáticamente, capaz de excluir a predadores epígeos y parásitos, y que proporciona recursos que no están siendo utilizados por otros organismos (baja competencia). Estas ventajas pueden resultar atractivas para los potenciales colonizadores.

## 5. Ambientes transicionales

El ecosistema hipógeo no es un sistema cerrado ni aislado, sino que física y tróficamente está abierto a numerosos intercambios con los ecosistemas limítrofes. Desde un punto de vista energético es un sistema que está siendo alimentado por un flujo de materia orgánica procedente de superficie.

Entre la superficie del suelo y el ambiente profundo de las cuevas se sitúan zonas y ambientes transicionales. A nivel de los grandes conductos que forman las macrocavernas visitables por el ser humano ya hemos indicado que existe un ambiente superficial (región de entrada) y otro intermedio (con fluido intercambio atmosférico). A menor escala existe una continuidad entre la red de microcavernas y fisuras de la roca y otros ambientes creviculares e intersticiales cuyo tamaño de grano y posición espacial pueden ser muy variables. Estos ambientes transicionales -con respecto al cavernícola- y en continuidad física con el mismo, pueden

contener distintos conjuntos faunísticos y las fronteras entre ellos son muy dinámicas. Con relación a ellos, el ambiente profundo de las cuevas constituye el caso más extremo.

### 5.1. Ambientes transicionales terrestres

El MSS -medio subterráneo superficial- (JUBERTHIE *et al.*, 1980) comprende un conjunto de espacios entre bloques por debajo del suelo y en el contacto con la roca-caja disgregada (sea ésta caliza o de otra litología), pero en todo caso de tamaños mayores a 1 mm, por lo que el MSS suele faltar cuando los espacios entre los fragmentos gruesos están colmatados por materiales finos, arcillosos, lo que es común en terreno calcáreo. En el MSS ha sido encontrada una fauna característica, que comprende tanto formas epígeas y edáficas como algunos troglobios, principalmente coleópteros Bathysciinae y Trechinae. Hoy se conocen casos de especies de estos grupos que habitan en el MSS y en cavernas indistintamente, sólo en cuevas, o sólo en el MSS (RACOVITZA, 1983). Entre los Bathysciinae han sido estudiados casos en los montes Apuseni (Rumania) en los cuales hay una continuidad entre las cavernas del macizo calcáreo y el MSS; en invierno las poblaciones son muy abundantes en las cuevas y faltan en el MSS, mientras que en otoño aumentan los efectivos en el MSS y disminuyen en las cuevas (RACOVITZA, 1983). Un sistema de vacíos interconectados similar puede presentarse en áreas volcánicas (OROMI *et al.*, 1986).

HOWARTH (1983) ha mostrado que formas troglomorfas como el oróptero *Caconemobius* sp. o la araña *Lycosa howarti* colonizaron tubos de lava de menos de 6 años de edad en Kilauea (Hawaii), y que muy diversos cavernícolas pueden desplazarse y dispersarse a través de este habitat fisurado en lava. Además este autor ha encontrado recientemente especies cavernícolas en un ambiente húmedo existente en ripio y bloques de lava en taludes de carretera (HOWARTH, 1991). De modo similar LELEUP (1952, 1956) y GALÁN (1993) han mostrado que existe un medio comparable en zonas de selva tropical de Africa y Sudamérica, constituido por espacios entre bloques o coluviones recubiertos por un espeso colchón edáfico. Este medio es muy rico en materia orgánica y su microclima es muy húmedo y prácticamente isotérmico a partir de 1 m de profundidad. Estos medios transicionales, catalogados como creviculares, son húmedos y oscuros, con fluctuaciones de la temperatura a tenor de la profundidad y con mayor abundancia de recursos tróficos que las cuevas, ya que la fuente de vegetales verdes está muy próxima.

Para los cavernícolas terrestres, los suelos y su fauna constituyen un ecosistema próximo. Los suelos están formados por una mezcla de materiales de origen inorgánico y orgánico. Los primeros son producto de la meteorización de las rocas y de su transporte y depósito; los segundos provienen de la descomposición de la vegetación y restos animales. Las capas del suelo albergan una fauna edáfica característica. La fauna de los musgos -muscícola- (VANDEL, 1965), de la hojarasca del suelo y del humus -humícola o hemiedáfica- (DECŪ *et al.*, 1987), y de los horizontes inferiores del suelo -endógea o edafobia- (COIFFAIT, 1959), ha dado origen también a cierto número de formas

cavernícolas. Algunas de éstas habitan en las cuevas en biotopos similares a los de su lugar de procedencia, particularmente en la región A. Otras han diferenciado formas más modificadas, troglófilas y troglobias. Esto no debe extrañar ya que en última instancia, si nos remontamos lo suficiente en el tiempo, todos los cavernícolas han derivado de epigeos, y es lógico que la colonización de las cuevas proceda a través de medios transicionales próximos o paralelos al cavernícola. Diversos grupos de nemátodos, oligoquetos, moluscos, arácnidos, crustáceos terrestres, diplópodos, quilópodos, insectos apterygotos (colémbolos, dipluros, tysanuros) y pterygotos (principalmente coleópteros) proceden de alguno de los biotopos edáficos. El medio edáfico es oscuro, térmicamente fluctuante y de elevada humedad; los habitantes del suelo (endógeos) viven o cavan sus galerías en un medio intergranular, próximo a las fuentes de materia vegetal o a sus primeros estados de descomposición, y en este medio realizan migraciones verticales para escapar de las oscilaciones desfavorables a la vez que para aprovechar la diversidad de nutrientes disponible, que es considerablemente más elevada que en el ambiente profundo de las cuevas. Aun cuando las cuevas y el edáfico compartan algunos elementos comunes, los suelos y su fauna constituyen un ecosistema muy diferente al cavernícola. Es importante destacar que ningún investigador a extendido el término troglobio para aplicarlo a la fauna edáfica.

## 5.2. Ambientes transicionales acuáticos

Las marcadas diferencias entre los ambientes transicionales terrestres y las cuevas han favorecido que ambos permanezcan como biotopos distintos. No ha ocurrido lo mismo con el medio acuático intersticial y de hecho hay toda una escuela de limnólogos que ha extendido el uso del término stygobio para aplicarlo a los habitantes de las aguas subterráneas continentales (sean éstas freáticas, intersticiales, kársticas, o litorales marinas), con lo cual se ha introducido una considerable confusión en el terreno bioespeleológico.

La fauna de las aguas freáticas contiene muy pequeños organismos que habitan los intersticios entre granos de arena y grava fina. Este medio ha sido denominado intersticial o hiporheico (ORGHIDAN, 1959) y su fauna ha sido llamada intersticial o freatobia (MOTAS, 1958). La fauna intersticial está estrechamente relacionada con el tamaño de los intersticios y de las partículas; en general son organismos muy pequeños (300 micras a 1 mm), elongados y a la vez aplanados; la microfauna predominante está constituida por Rotifera, Gastrotricha, Tardigrada, Nematoda, Ostracoda, y Copepoda; también suelen presentarse Syncarida, Isopoda, Amphipoda, Hydrachnella, Limnohalacarida, Oligochaeta, Turbellaria, e incluso pequeños peces, en zonas endorreicas. La primera aproximación al estudio del conjunto de la fauna intersticial es debida a SASSUCHIN *et al.* (1927) quienes crean una extensa terminología del psammon (biocenosis de la arena). Las clasificaciones se han ido complicando progresivamente ya que existe una enorme diversidad de

biotopos intersticiales. Autores rumanos (ORGHIDAN, 1955; MOTAS, 1962) y germanos (SCHWOERBEL, 1961; KRAUS, 1959) consideran que en el intersticial o hiporheico existen dos zonas distintas: una superior con predominio de Hydrachnella y una zona freática profunda con predominio de Limnohalacarida. PENNAK & WARD (1986) distinguen el hiporheico (capa superior, de aprox. 15 cm, bajo el lecho de ríos), de las aguas subterráneas adyacentes (intersticial). DELAMARE-DEBOUTTEVILLE (1960) prefiere utilizar Terrenos permeables en pequeño, para diferenciar al intersticial de los Terrenos permeables en grande (acuíferos en fisuras y conductos). Hoy se acepta prácticamente como sinónimos a todos los términos anteriores, que referiremos como intersticial, aunque teniendo presente que hay una enorme diversidad de situaciones a tenor del tamaño de grano del sedimento, de su posición en el acuífero y de la velocidad de flujo del agua, cuyos cambios determinan migraciones verticales y laterales de fauna.

De modo general, en el intersticial la luz decrece rápidamente con la profundidad y a aproximadamente 10 cm de profundidad el medio es oscuro. No suele haber plantas verdes en la zona inferior, pero sí en la superior. La temperatura muestra -según el clima- una cierta amplitud diaria y estacional, decreciendo con la profundidad. Igualmente es variable y decreciente la concentración de oxígeno disuelto. Normalmente a 30 cm de profundidad hay muy poco oxígeno: 5-1 mg/L dependiendo de la temperatura y época del año (WILLIAMS & HYNES, 1974; WHITTMANN & CLARK, 1982); ésto en parte es debido a la gran cantidad de materia orgánica en descomposición, la cual determina altos niveles de reducción, decreciendo el oxígeno disuelto y limitando las posibilidades de vida.

La distribución y abundancia de la fauna intersticial son dependientes del biotopo. DANIELOPOL & ROUCH (1991) han encontrado en ostrácodos una correlación entre su tamaño y el tamaño de grano del sedimento, y entre la abundancia de animales y la concentración de oxígeno. En la distribución de meiofauna -especialmente copépodos Harpacticoida- ROUCH *et al.* (1989) han encontrado que ésta prefiere algunas situaciones topográficas, como bancos de grava, y evita zonas con reducido contenido de oxígeno disuelto y áreas de alta velocidad del agua. La fauna intersticial en su conjunto difiere de la cavernícola, aunque hay casos en que alguno de los biotopos intersticiales comparte elementos comunes, como p.ej. isópodos *Stenasellus* o anfípodos *Niphargus* en Europa. No obstante, generalmente se trata de especies distintas del mismo género, siendo más estenotermas y alcanzando mayor talla las cavernícolas. En ocasiones la misma especie stygobia habita simultáneamente en aguas kársticas e intersticiales, como es ejemplificado por algunas especies del género *Pseudoniphargus* (NOTENBOOM, 1986).

MATHIEU & TURQUIN (1992) han mostrado que en los grupos de stygobios con representación simultánea en cuevas y en el intersticial hay un proceso de adaptación diferencial, estrechamente dependiente de las condiciones ecológicas del biotopo. La estrategia de vida de las formas cavernícolas está relacionada con un medio en el que las variaciones del ciclo hidrológico son relativamente drásticas (con frecuentes

sequías de verano), el espacio de vida es amplio, el suplemento de comida bajo, y se producen pocos cambios en factores ambientales tales como la temperatura. La estrategia de las formas intersticiales es diferente, debido a que es un medio que nunca se seca, el alimento es abundante, los cambios térmicos son mucho más importantes, y el espacio intergranular en el sedimento es reducido. Ello determina diferencias fisiológicas y anatómicas entre los representantes de ambos medios.

Del mismo modo, existe una completa transición que va desde la fauna marina litoral, a la dulceacuícola intersticial y a la cavernícola. Muchos cavernícolas acuáticos de origen marino han seguido esta vía para colonizar las cuevas. Diversos autores (YAGER, 1981, 1987; PALMER, 1986; ILIFFE, 1990) reportan la existencia de un medio crevicular que conecta ambientes marinos con el habitat anchihalino de los blue-holes y cuevas litorales mixo-halinas (HOLTHUIS, 1973); en él la presencia de algas y fitoplancton puede también ser importante o, en todo caso, existe una fuente próxima de vegetales verdes. A tenor del tamaño de las fisuras y espacios, la fauna de estos ambientes puede ser muy afín a la cavernícola. Finalmente, otros grupos de organismos acuáticos han colonizado las cuevas a partir de las aguas epígeas directamente, como ha ocurrido con la mayoría de los peces cavernícolas (WILKENS, 1988; TRAJANO, 1989; ANDRIANI, 1990; PÉREZ & VILORIA, 1994).

## 6. Diferencias entre zonas tropicales y templadas

Hasta 1970 eran sumamente escasos los troglobios conocidos en zonas tropicales y cuevas lávicas. Se pensaba que esta ausencia de cavernícolas estrictos en cuevas tropicales era debida a la falta de grandes oscilaciones climáticas durante el Pleistoceno en los trópicos (VANDEL, 1965; BARR, 1968; MITCHELL, 1969), mientras que en zonas templadas ocurrían las glaciaciones, las cuales eliminaban de la superficie las anteriores poblaciones de tipo subtropical y tropical. En esta visión, se consideraba necesario la eliminación de las poblaciones de superficie para producir el aislamiento de las poblaciones cavernícolas, las cuales podrían entonces especiarse alopatricamente y evolucionar como troglobios. En esta concepción, la fauna troglobia era considerada relictual: había podido sobrevivir a las fluctuaciones climáticas gracias a haber encontrado refugio en el estable ambiente de las cuevas, mientras que en superficie las condiciones de vida se tornaban desfavorables y provocaban o bien la migración a otras áreas o bien la extinción. Por ello se creía que los troglobios eran especies longevas y eran considerados relictos filogenéticos: los únicos supervivientes de antiguos linajes y auténticos "fósiles vivientes". Sus convergentes caracteres troglomorfo, más que una adaptación a las cuevas, eran considerados caracteres degenerativos propios de una etapa final -senescente- en la evolución de sus linajes respectivos.

En las tres últimas décadas ha sido descubierta una abundante y diversa fauna troglobia en cuevas tropicales, en islas de reciente origen y en jóvenes cuevas de lava, de América Latina, Africa, Sudeste Asiático e islas del Pacífico.

En algunos casos ha podido demostrarse una escasa antigüedad de las cavernas en algunas de estas regiones y, por consiguiente, ha quedado firmemente establecido que la evolución troglobia no necesariamente requiere mucho tiempo. A la vez, y a diferencia de las zonas templadas, muchos cavernícolas especializados de los trópicos conviven parapatricamente o simpátricamente con formas epígeas de sus mismos linajes, es decir, poseen parientes epígeos taxonómica y geográficamente muy próximos. La fauna de numerosas cuevas estudiadas en los trópicos muestra ejemplos tanto de formas relictas como otros no-relictuales (CHAPMAN, 1986; PECK, 1986; HOWARTH, 1983, 1986; GALÁN, 1995; entre otros), de lo que se deduce que la evolución troglobia no sólo puede haber ocurrido en el pasado sino que también ocurre activamente en la actualidad.

Hoy la principal diferencia entre cavernícolas de zonas tropicales y templadas reside en sus proporciones en el conjunto de la fauna cavernícola de una región. En general, la biomasa y diversidad en las cuevas tropicales es mucho más alta que en zonas templadas, como también lo es en los ambientes de superficie. Pero la proporción en número de especies de las distintas categorías es en cambio, comparativamente, muy diferente. La proporción troglobios/troglófilos es considerablemente más elevada en zonas templadas. Aproximadamente esta proporción en cuevas de Europa es de 0,5 o mayor mientras que en los trópicos puede variar entre 0,1 y 0,05, o incluso menor. Un ejemplo numérico representativo: en cuevas de Gipuzkoa (Pirineos Vascos, entre España y Francia) hay 102 especies troglobias y 84 troglófilas ( $pr=0,55$ ); en cuevas del norte de Venezuela hay 25 especies troglobias y 250 troglófilas ( $pr=0,10$ ) (GALÁN, 1993; 1995).

La menor abundancia relativa de troglobios en los trópicos podría estar relacionada con la mayor abundancia de recursos nutritivos en las cuevas tropicales (especialmente guano), lo cual tendría el efecto de inhibir la especialización troglobia (HAMILTON-SMITH, 1971; CUIVER, 1982). En los trópicos muchas cuevas son eutróficas o mesotróficas, siendo más escasas las oligotróficas, mientras que en zona templada la gran mayoría de las cuevas son oligotróficas. Esta hipótesis considera que la adquisición de troglomorfo es en parte un proceso compensador de economía energética: en un ambiente donde el alimento es abundante los animales no necesitan reducir ojos o pigmentos u otras estructuras para desarrollar apéndices elongados y mayor número de elementos quimiorreceptores y táctiles, lo cual sería el caso en cuevas tropicales, mientras que en cuevas templadas, donde el alimento es escaso y la temperatura más baja, los animales deben economizar energía en unos procesos para destinarla a otros, y de ese modo surgirían las reducciones estructurales características de los troglobios (SKET, 1985; HÜPPOP, 1986).

Sin embargo, detalladas investigaciones han mostrado que en los trópicos existen tanto cuevas eutróficas como mesotróficas y oligotróficas. Una misma cavidad puede contener secciones eutróficas junto a grandes extensiones oligotróficas. Generalmente los grandes rellenos de materia orgánica y guano presentes en cuevas tropicales se

encuentran en secciones del ambiente superficial o del intermedio, mientras que el ambiente profundo es predominantemente oligotrófico, y comparativamente muy semejante al ambiente de cuevas templadas. Los troglobios tropicales han sido encontrados tanto en ambientes oligotróficos como eutróficos y no puede decirse que exista una regla clara que relacione la presencia de troglobios con la escasez de recursos nutritivos. También cabe señalar que muchas cavidades o secciones de éstas en cuevas tropicales son consideradas eutróficas por la presencia de grandes rellenos de guano de quirópteros o de guácharos; estas cuevas sostienen una abundante y diversa fauna guanobia característica, con hasta más de 100 especies distintas de invertebrados en el caso del guano de guácharos (DECÚ *et al.*, 1987; HERRERA, 1995). Pero tales biocenosis, propias del guano más que de la caverna en sí, faltan en las cuevas no-guaníferas. Es decir, la existencia de guano, más que enriquecer de nutrientes al conjunto del ecosistema hipógeo, lo que hace es crear una biocenosis adicional en las cuevas que lo presentan. Los cavernícolas estrictos pueden o no beneficiarse, indirectamente, de la presencia de fauna guanobia.

Todo ello lleva a pensar que, aunque en los trópicos existe mayor diversidad y biomasa en los ecosistemas, la colonización y adaptación de los animales a la vida cavernícola es un fenómeno general, que ocurre en toda región y litología donde el habitat cavernícola esté disponible.

La existencia en muchas cuevas tropicales de troglobios que poseen parientes epígeos cercanos hace pensar que el relictualismo en la fauna cavernícola es un fenómeno secundario. Más que relictos aislados en las cuevas por cambios climáticos, los troglobios parecen haberse transformado en formas altamente especializadas precisamente para poder explotar los recursos del ambiente profundo de las cuevas.

La frecuente recolección de troglobios en el ambiente profundo, mesocavernas y espacios menores, sugiere que éste es su habitat preferente y que en él se da la especialización troglobia. La presencia -circunstancial- de troglobios en macrocavernas y galerías amplias sugiere que éstas son habitadas por los troglobios a partir del ambiente profundo y no son por tanto el biotopo en el cual ocurre la troglobización.

Una diferencia importante entre cuevas tropicales y templadas radica en la extensión relativa de los distintos ambientes subterráneos. Como regla general ocurre un fenómeno climático; en los trópicos la oscilación térmica diaria es mucho más importante que la oscilación estacional. Asociado al cambio térmico y barométrico diario, en las cuevas tropicales son frecuentes los desplazamientos de masas de aire y los efectos desecantes. A la vez, debido a su mayor temperatura, en las cuevas tropicales en caliza las tasas de disolución y evaporación de la calcita son más elevadas. Esto hace que sean excavadas galerías de gran volumen y que en ellas los depósitos de travertino y espeleotemas sean también grandes. En comparación con cuevas de zona templada, el diámetro promedio de galerías y conductos en las cuevas tropicales es varias veces mayor que en las

templadas. Los movimientos de aire y el efecto desecante son mayores en cuevas de amplias bocas y galerías de gran volumen, y ésto hace que el ambiente intermedio posea gran extensión. Es este ambiente, propicio para los troglófilos y sólo temporal o parcialmente usado por los troglobios, el que predomina en zonas tropicales. En zona templada, en cambio, el ambiente profundo es predominante y de gran extensión, mientras que el ambiente intermedio suele ser reducido. Esta diferencia en la extensión de los distintos ambientes probablemente influya en las proporciones encontradas entre troglobios y troglófilos en cuevas tropicales y templadas.

## CARACTERÍSTICAS DE LA FAUNA CAVERNÍCOLA

Lo más sorprendente de la fauna troglobia es el alto grado de convergencia de caracteres anatómicos, fisiológicos y comportamentales, que repetidamente presentan los cavernícolas estrictos de las más diversas regiones y de distintos grupos zoológicos, y que han recibido el nombre de troglomorfismos (CHRISTIANSEN, 1962).

### 1. Pre-adaptaciones y adaptaciones

Anatómicamente, los caracteres más frecuentes en los organismos cavernícolas son: reducción y atrofia del aparato ocular, adelgazamiento de los tegumentos y pérdida de la pigmentación, elongación del cuerpo y apéndices, reducción o atrofia de alas y otros apéndices con reducción de su capacidad de dispersión o de natación, multiplicación y optimización de la dotación sensorial no-óptica, como quimiorreceptores, higrorreceptores, termorreceptores y mecanorreceptores. Fisiológicamente es común una tasa metabólica reducida, bajo consumo de oxígeno por unidad de tiempo, hábitos alimentarios polípagos y resistencia al ayuno, menor número de huevos de mayor tamaño, etapas larvales contraídas, más lento desarrollo embrionario, mayor longevidad y sesgo de la estructura poblacional hacia los adultos. Etológicamente puede constatar una pérdida de los ritmos internos más comunes (como el ritmo circadiano), vida más pausada con frecuentes períodos de letargo, menor agresividad y menores reacciones de escape. Como estrategia de vida desde un punto de vista reproductivo existe en los troglobios la tendencia a pasar de una estrategia de la *r* (oportunistas, con gran flujo de energía a través de su biomasa) a una estrategia de la *K* (especialistas, altamente eficientes, capaces de mantener su biomasa con un moderado flujo de energía) (MARGALEF, 1976), y más precisamente a una estrategia de la *A* (estrategia de adversidad, apta para desenvolverse en un medio severo y de escasos recursos) (GREENSLADE, 1983; ROUGH, 1986).

La posibilidad para los organismos epígeos de colonizar el habitat hipógeo supone la adquisición previa o progresiva de nuevos caracteres, tanto anatómicos como principalmente fisiológicos. Los organismos que ya son muy higrófilos o poseen ojos reducidos y mecanismos químicos de orientación



podrán desenvolverse rápidamente en el ambiente húmedo y oscuro de las cavernas. El conjunto de caracteres que ya posee un grupo zoológico antes de su ingreso a las cavernas constituye un conjunto de pre-adaptaciones, en el sentido clásico (VANDEL, 1965). De acuerdo con HOBBS *et al.* (1977), ROUCH & DANIELOPOL (1987), HOCH & HOWARTH (1989), o NOTENBOOM (1991), estas preadaptaciones pueden ser vistas en parte como no-aptaciones y principalmente como ex-aptaciones *sensu* GOULD & VRBA (1982). Las primeras son caracteres sin uso especial antes del cambio de habitat y los cuales resultan favorables en el nuevo medio colonizado. Las segundas son adaptaciones resultado de selección natural en el habitat de procedencia los cuales también resultan ventajosos en el nuevo habitat. Los hábitos alimentarios poco especializados o la reproducción béntica en anfípodos Hadzidioidea (un grupo con numerosos representantes stygobios) ya los poseen las formas de superficie marinas y resultan ventajosos en las cavernas. La anoftalmia y depigmentación cutánea, frecuente en colémbolos edáficos, hace de ellos un grupo con claras ventajas para colonizar el ambiente subterráneo. Hábitos detritívoros y carnívoros en coleópteros Catopidae y Carabidae, respectivamente, son caracteres ya presentes en sus respectivos linajes.

Nótese sin embargo que en organismos procedentes de medios transicionales, como el edáfico o el intersticial, diversos caracteres "troglomorfos" son en realidad pre-adaptaciones adquiridas en su ambiente de procedencia. En su evolución cavernícola posterior, los colémbolos edáficos p.ej. desarrollan troglomórficamente la estructura del pié y uñas terminales o la elongación del cuerpo, mientras muchos representantes diminutos del medio intersticial dan origen a cavernícolas mucho más grandes y más estilizados (= gigantismo, común en anfípodos e isópodos stygobios); igualmente a nivel reproductivo se da un acentuado paso a estrategias de la K, en casi todos los grupos.

En otros casos, la depigmentación y anoftalmia, o la elongación del cuerpo y apéndices, resultan ser adaptaciones adquiridas progresivamente al colonizar el medio hipógeo. Este es particularmente el caso en macrofauna terrestre y acuática que no procede de medios intergranulares edáficos o intersticiales. Algunos ejemplos, entre los troglbios tropicales de Venezuela, pueden encontrarse en decápodos Pseudothelphusidae (Fig. 2), amblypigios Charontidae y peces Trichomycteridae y Loricariidae (GALÁN, 1995). En Sarawak (Malasia) y Nueva Guinea han sido señalados ejemplos similares en decápodos Sundathelphusidae y Potamidae, arañas Pholcidae, escorpiones *Chaerilus*, blatoideos *Troglobattella* y quilópodos Paradoxomatidae (CHAPMAN, 1986).

En consecuencia, los troglomorfismos no son caracteres absolutos, generalizables a todos los casos, sino que su definición como tales requiere una adecuada comparación con los ancestros de sus respectivos linajes y con sus epígeos relativos.

Obsérvese también que el proceso de adaptación cavernícola no es diferente al postulado para la adquisición de ex-aptaciones en el habitat de procedencia. En las formas pre-adaptadas la troglobización es una ultraespecialización posterior. A la vez, las pre-adaptaciones juegan un papel esencial en la colonización inicial y en la generación de formas troglófilas (primeras etapas de la colonización), pero no o mucho menos en la evolución troglobia (última etapa), como veremos más adelante.

El término "troglomorfismo" es introducido por CHRISTIANSEN (1962) para designar aquellos caracteres fenotípicos que caracterizan la evolución cavernícola y sirven para identificar a los organismos adaptados al ambiente de las cuevas. Básicamente son los mismos que VANDEL (1965) atribuye a los troglbios, pero la visión de Christiansen es crítica con la clasificación ecológica de RACOVITZA (1907) y

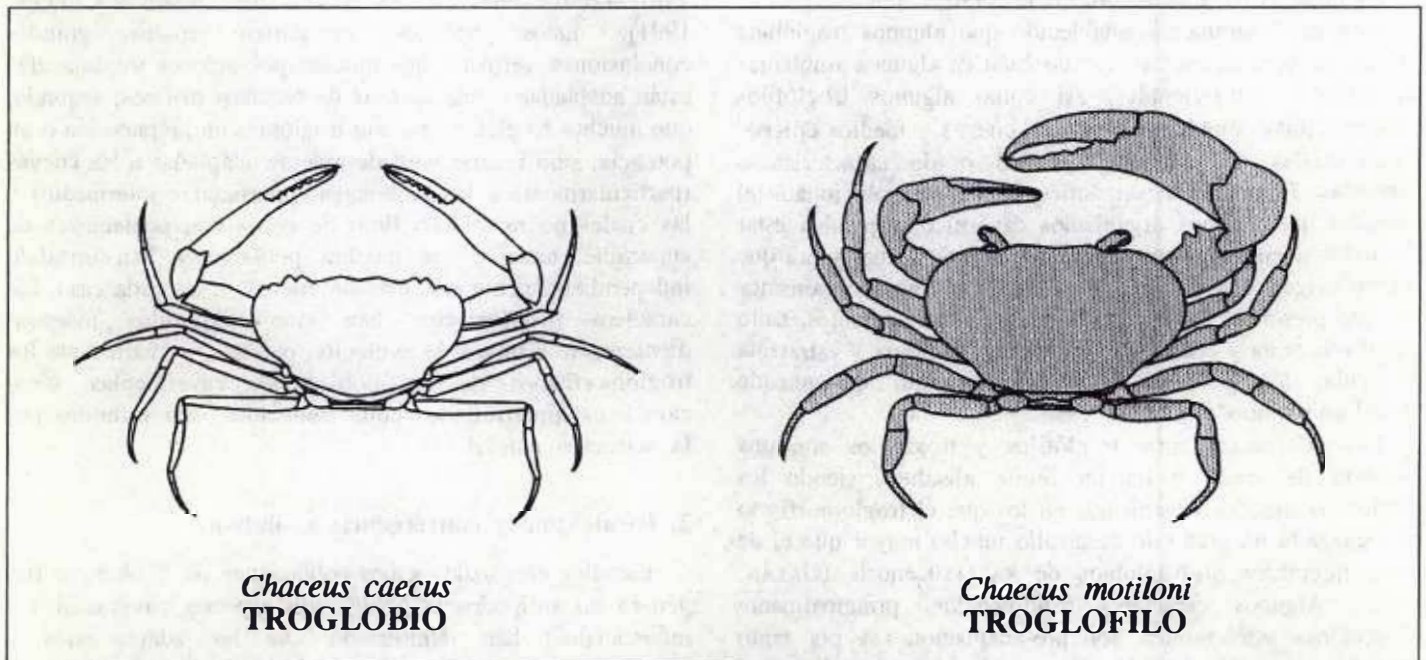


Fig. 2. Morfología comparada de dos especies de Decápoda Pseudothelphusidae de Venezuela.

considera que los términos troglobio y troglófilo son inadecuados porque no hacen referencia al grado de adaptación de los organismos a las cuevas. Él considera que la exclusividad o no de vivir sólo en cuevas, no es un criterio adecuado y, a la vez, encuentra también dificultades para que sea verificable si una especie completa o no la totalidad de su ciclo vital en cuevas. Por tanto, la única clasificación ecológica válida -en su opinión- debe basarse en la morfología de los cavernícolas. Los términos troglobio y troglófilo son sustituidos en la clasificación de CHRISTIANSEN (1962) por "troglomorfo" y "ambimorfo", diferenciándolos por su morfología y no por su exclusividad en el ambiente de las cuevas. Los caracteres troglomorfos muestran convergencia, pero no obstante pueden variar ampliamente de un grupo zoológico a otro. Subsecuentemente el término troglomorfismo fue extendido también a caracteres fisiológicos y comportamentales (SBORDÓNI, 1980; CULVER, 1982; HÜPPOP, 1985; PARZEFALL, 1986). Es importante destacar que los principales caracteres troglomorfos (mencionados al inicio del apartado) no son generalizables para todos los grupos zoológicos y que considerados aisladamente tampoco son exclusivos del ambiente cavernícola.

Mucha confusión ha sido introducida por diversos autores en las últimas décadas al referir como troglomorfas a especies que sólo poseen algunos de estos rasgos (como depigmentación o atrofia ocular), sin efectuar una adecuada comparación de éstos con los de sus epígeos relativos. La depigmentación y anoftalmia es común en muchos grupos marcadamente edáficos o intersticiales, así como en parásitos y guanobios. También ha oscurecido la comprensión del tema la generalización o extensión abusiva del término stygobio a todos los habitantes de las aguas freáticas continentales (CVETKOV & ANGELOV, 1980; PETROVA, 1983) o los intentos de resucitar viejos términos, como organismos cryptozoicos o stygícolas (CHAPMAN, 1986; PECK, 1990).

Hoy está claramente establecido que algunos troglobios habitan no sólo en cuevas sino también en algunos ambientes subterráneos transicionales, así como algunos troglófilos pueden habitar simultáneamente en cuevas y medios epígeos transicionales de elevada humedad o de características parecidas. El problema semántico puede ser solucionado al entender que muchos organismos cavernícolas pueden estar limitados a cuevas o muy similares habitats, cualquiera que sea su origen y naturaleza geológica. Son estos organismos los que presentan tendencias paralelas y convergentes, tanto en su anatomía y fisiología como en su etología y estrategia de vida, lo que -en conjunto- ha sido denominado "troglomorfismo".

Las diferencias entre troglófilos y troglobios son una cuestión de grado y no un límite absoluto, siendo los troglobios aquellos organismos en los que el troglomorfismo ha alcanzado un grado de desarrollo mucho mayor que el de otros miembros no-troglobios de su taxocenosis (GALÁN, 1993). Algunos caracteres troglomorfos, principalmente reducciones estructurales, son pre-adaptaciones y por tanto ya se presentan en el habitat de procedencia, particularmente si éste es subterráneo, como el edáfico o el intersticial. No

obstante, no debe confundirse el conjunto de características de los organismos edáficos e intersticiales con el troglomorfismo convergente de los cavernícolas. Autores como HÜPPOP (1985), ROUCH (1986), DANIELOPOL & ROUCH (1991), MATHIEU & TURQUIN (1992), han aportado evidencia de que los organismos de estos habitats responden evolutivamente de modo muy distinto a los cavernícolas. Los ahora clásicos trabajos de CHRISTIANSEN (1961, 1985) y CHRISTIANSEN & CULVER (1987) sobre los caracteres troglomorfos en colémbolos Entomobryidae muestran que las dos características principales tienen su mayor similitud entre los representantes de dos habitats diferentes: la estructura del pie es similar a la que se presenta en colémbolos acuáticos, mientras que la elongación del cuerpo es más similar a la de formas (ampliamente tropicales) que viven en árboles. Es decir, son adaptaciones en concordancia con la elevada humedad de las cuevas y la aptitud para trepar sobre superficies verticales húmedas y resbaladizas. La depigmentación y anoftalmia, en cambio, es compartida con representantes edáficos.

El uso del término "adaptación" y "caracteres adaptativos" ha confundido dos acepciones, una ecológica y otra evolutiva. Ecológicamente, tanto las formas troglófilas como las troglobias están "adaptadas" al ambiente de las cuevas, sólo que de distinto modo y a distintos biotopos. Evolutivamente, las modificaciones fenotípicas en un linaje de organismos que incrementan sus posibilidades de supervivencia o competitividad y eficiencia, han sido llamadas adaptaciones. Los troglomorfismos son adaptaciones al ambiente profundo de las cuevas en este último sentido. Recientes trabajos que incluyen análisis genéticos y ecofisiológicos han aportado evidencia sustancial de que los troglomorfismos están sujetos a selección natural y son por tanto adaptativos (SBORDÓNI, 1980; POULSON, 1981; CULVER, 1982; ALLEGRUCCI *et al.*, 1982; PECK, 1986; WILKENS, 1987; FONG, 1988; CULVER *et al.*, 1990; KANE & CULVER, 1991). Estos trabajos comparten cuatro grandes conclusiones: primero, que muchas poblaciones troglomorfas están adaptadas a una escasez de recursos tróficos; segundo, que muchos troglófilos no son troglobios en preparación o en potencia, sino formas verdaderamente adaptadas a las cuevas (particularmente a los ambientes superficial e intermedio) y las cuales no mantienen flujo de genes con poblaciones de superficie; tercero, que muchas poblaciones han invadido independientemente sistemas de cuevas y, en cada caso, los caracteres troglomorfos han sido adquiridos independientemente a través de evolución paralela; y cuarto, que los troglomorfismos de las poblaciones cavernícolas, tanto caracteres hipertrofiados como reducidos, son influidos por la selección natural.

## 2. Paralelismo y convergencia evolutiva

Estudios efectuados sobre poblaciones de *Niphargus* (un género de anfípodos stygobio, con especies cavernícolas e intersticiales) han demostrado que las adaptaciones y estrategias de vida adoptadas por las poblaciones cavernícolas son distintas a las intersticiales y están

estrechamente relacionadas con las condiciones ecológicas del habitat; la larga vida y bajo metabolismo de los cavernícolas está asociada a la escasez de recursos y severidad del medio, y está integrada a un conjunto de adaptaciones fisiológicas, anatómicas y comportamentales; debido a que las diferentes especies se adaptan de distinto modo a los diferentes biotopos, las características de los biotopos actúan como la fuerza conductora de la variabilidad encontrada (MATHIEU & TURQUIN, 1992). Una visión similar emerge de la comparación de poblaciones hipógeas y epígeas de peces *Astyanax fasciatus* (HÜPPOP, 1985, 1986) y *Trichomycterus guianense* (ANDRIANI, 1990; GALÁN, 1995). Las diferentes poblaciones muestran una "adaptación diferencial" en su ecología y biología, y el mayor troglomorfismo encontrado en las poblaciones y especies cavernícolas (con respecto al intersticial y al medio epígeo) es convergente. Dado que existe una estrecha correlación entre las adaptaciones y las características ecológicas del medio, la convergencia es explicada por la similitud de condiciones ambientales que presentan las cavernas entre sí. Para MATHIEU & TURQUIN (1992) los anfipodos intersticiales representan la transición entre las formas epígeas (que viven en un ambiente donde el alimento es abundante y las variaciones termales fuertes y que son capaces de adaptar su metabolismo inmediatamente) y las poblaciones del karst (las cuales viven en un ambiente de escaso alimento pero térmicamente estable y que son prácticamente incapaces de adaptarlo).

Diversas hipótesis no-seleccionistas han sido propuestas como alternativa para explicar la evolución de caracteres regresivos (CULVER, 1982) y en particular la teoría de las mutaciones neutras (KIMURA, 1983); aunque no son del todo contrapuestas, se han revelado como no-demostrables. Estas hipótesis sugieren que las mutaciones reductoras que afectan a ojos y pigmentación pueden ser selectivamente neutras y que pueden acumularse y fijarse en las poblaciones cavernícolas por deriva genética a lo largo del tiempo. Ello implicaría que los caracteres regresivos no son necesariamente selectivos y que no tienen un significado adaptativo para los cavernícolas. Pero, la ausencia de datos sobre el número de loci que controlan estos caracteres y sobre la tasa de mutación en estos loci, a la vez que la falta de datos precisos sobre el tamaño de las poblaciones o el tiempo de aislamiento, dificultan la corroboración de estas hipótesis.

Aunque los troglobios son los animales cavernícolas más troglomorfos, paradójicamente no resultan ser los más adecuados para estudiar la evolución troglomorfa. Ellos representan el extremo morfológico tanto de los caracteres hipertrofiados como de los reducidos. Las técnicas cladísticas de polarización de caracteres no permiten un adecuado análisis, ya que los caracteres perdidos durante su evolución regresiva no permiten distinguir las apomorfias (especializaciones adquiridas después de su ingreso en las cavernas) de las plesiomorfias (pre-adaptaciones o caracteres presentes en el ancestral epígeo), debido a que se desconocen las características de los ancestros de sus linajes y difícilmente se puede establecer el parentesco con sus más próximos relativos epígeos, si es que estos últimos existen.

Una alternativa es el estudio ontogenético, basado en el examen de los estados homólogos de un carácter a lo largo del desarrollo, pero sólo puede ser utilizado en especies que se reproduzcan fácilmente en laboratorio, lo que a menudo no es factible en el caso de troglobios.

En contraste, los troglófilos que muestran incipientes grados de troglomorfismo y poseen poblaciones en cuevas y habitats de superficie, con una continuidad genética entre ambas, se revelan como los más adecuados para tales estudios. En estos casos hay buenos ejemplos en los cuales, aunque el troglomorfismo no es tan acentuado como en troglobios, las diferencias en el grado de troglomorfismo entre las poblaciones epígeas e hipógeas llegan a ser considerables. Este es el caso en los estudios de POULSON (1963), CHRISTIANSEN (1961, 1985), WILKENS (1988), y KANE & CULVER (1991) sobre peces amblyópsidos, colémbolos, peces *Astyanax*, y anfipodos *Gammarus minus*, respectivamente. Particularmente ilustrativo es el estudio de *G. minus* (KANE & CULVER, 1991) ya que, utilizando técnicas de electroforesis de proteínas, demuestra que existe un escaso o nulo flujo de genes entre las poblaciones hipógeas y epígeas de la misma cuenca; los autores concluyen que esto puede deberse a que se han desarrollado incompatibilidades de cópula como consecuencia de diferencias morfológicas, siendo estas últimas adaptaciones a los ambientes respectivos (cuevas y manantiales). Aunque los resultados obtenidos en algunos casos son contradictorios, principalmente en lo que respecta a la variabilidad genética, en general ha podido establecerse la existencia de un notable paralelismo y convergencia morfológica en los caracteres troglomorfos estudiados. Tales caracteres son adquiridos independientemente por evolución paralela, existe una marcada y general convergencia evolutiva, y los troglomorfismos se revelan como adaptaciones influidas por selección natural y estrechamente dependientes de las características del ambiente hipógeo.

Indirectamente estos estudios han demostrado que la acumulación al azar de mutaciones neutras difícilmente podrían producir correlaciones positivas entre los mismos caracteres en diferentes grupos zoológicos. También es importante destacar que estos estudios, junto a los de CULVER (1987), HOWARTH (1987) y CHRISTIANSEN & MOBERG (1988) permiten rechazar teorías evolutivas generales, como la de GOULD & ELDREDGE (1986) sobre el equilibrio puntuado. Esta teoría postula que el cambio adaptativo está limitado al tiempo durante el cual ocurre el proceso de especiación. Los estudios sobre el troglomorfismo cavernícola muestran por el contrario que aunque se producen cambios durante la especiación, muchos cambios significativos ocurren previamente dentro de los límites de una simple especie.

La visión que actualmente emerge en el estudio evolutivo de los cavernícolas muestra que en los primeros grados de troglomorfismo se producen modificaciones (anatómicas y fisiológicas, incluyendo metabólicas) por adaptación al ambiente hipógeo y que la divergencia entre subpoblaciones cavernícolas y epígeas o transicionales se inicia en presencia de flujo génico (mientras aún existe conexión genética). Al progresar la divergencia anatómica se generan

incompatibilidades de cópula, o diferencias en las preferencias de cópula, las cuales terminan produciendo el aislamiento reproductivo y la especiación sin la existencia de barreras geográficas, es decir, mediante mecanismos intrínsecos (no-alopátricos). La divergencia iniciada en el seno de una especie, prosigue luego como divergencia entre especies. En el desarrollo ulterior podrán presentarse casos en que se generen barreras extrínsecas (por aislamiento geográfico, capturas de drenaje, derrumbes o colapso de parte de la red subterránea, eliminación de biotopos epígeos por cambios geomorfológicos o climáticos), pero ello no constituye un prerequisite para que la evolución cavernícola, en este caso simpátrica, ocurra. En el desarrollo posterior el troglomorfismo será acentuado a lo largo del tiempo y eventos vicariantes podrán producir la fragmentación y multiplicación de especies troglobias. No obstante, salvo cuando haya claros indicadores paleogeográficos, será difícil presumir la antigüedad relativa de las formas cavernícolas, ya que los procesos de diferenciación operan a diferente velocidad y de distinto modo en organismos de diferentes grupos zoológicos y en diferentes órganos. Lo que no deja de sorprender es el alto grado de paralelismo y convergencia mostrado por los troglobios y probablemente su más sencilla explicación reside en las similares presiones ambientales que operan en el ambiente profundo de las cuevas, a pesar de la aparente heterogeneidad existente.

### 3. Colonización del ambiente subterráneo

Como en otros procesos de colonización de áreas nuevas, islas de reciente formación y sustratos artificiales, normalmente ocurre un cambio gradual, o sucesión. En un primer momento ingresan al nuevo habitat organismos oportunistas, estrategias de la r, de gran capacidad expansiva; pero en etapas avanzadas de la sucesión, éstos acaban siendo desplazados por especialistas, estrategias de la K, capaces de utilizar los recursos que ofrece el medio más pausadamente pero con mayor eficiencia.

Si consideramos el medio hipógeo como un medio zonal, con adversidad creciente a medida que se profundiza en él, podemos ver la evolución troglobia como una continuación de la colonización inicial, como un proceso en etapas (Fig. 3). En la zona superficial y transicional de la red de cavernas puede instalarse una población troglóxena heterogénea, procedente de ambientes próximos al cavernícola o transicionales; representantes muscícolas, humícolas o hemiedáficos y endógeos (procedentes de la hojarasca y suelo del bosque) y elementos del medio intersticial (para la fauna acuática), junto con numerosos invertebrados higrófilos y vertebrados dotados de ecolocalización, podrán constituir importantes biocenosis troglógenas. Al avanzar la colonización de la zona oscura, de elevada humedad relativa, los organismos tendrán que enfrentar condiciones físicas y tróficas, no ya transicionales, sino claramente diferentes de las epígeas. La adquisición adaptativa de mecanismos de regulación del balance corporal de agua y el éxito para completar la reproducción y obtención de alimento en la zona oscura, ocurrirá por cambios (anatómicos y fisiológicos) que iniciarán la divergencia de los ancestros epígeos. En tanto las formas troglófilas no pasen un segundo gradiente, su adaptación a la vida cavernícola no hará de ellos elementos muy modificados. Es necesaria una nueva presión de selección, alcanzable en el ambiente profundo, para que los organismos troglófilos pasen a ser troglobios. Como resultado de ello serán modificados en un grado mayor, ultraespecializados, pero tremendamente eficientes para sobrevivir indefinidamente en las cavernas a pesar del rigor de las condiciones ambientales y las vicisitudes históricas.

El proceso de ocupación de las cuevas puede describirse en tres etapas: (1) La capacidad de entrar y sobrevivir en las cuevas (básicamente en el ambiente superficial y en menor medida en el intermedio). (2) La capacidad de reproducirse y propagarse en algunas áreas del habitat hipógeo (principalmente en el ambiente intermedio o en medios transicionales). (3) La capacidad de evolucionar linajes de

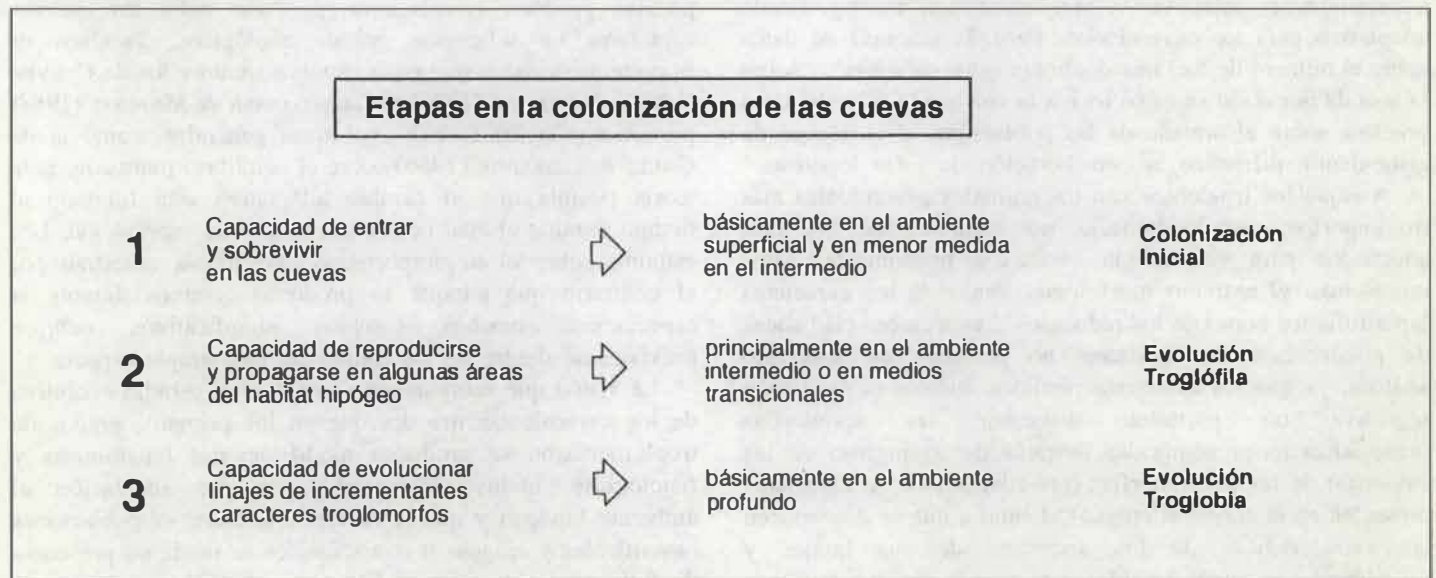


Fig. 3. Etapas en la colonización de las cuevas.

incrementantes caracteres troglomorfos (básicamente en el ambiente profundo). Cada nivel presume al anterior como precursor, pero no al posterior como resultado. El paso del nivel 2 al 3 es lo que caracteriza la evolución troglobia y es un proceso distinto a los pasos anteriores. Generalmente las pre-adaptaciones son de importancia para alcanzar los dos primeros niveles, pero no el 3. Eso explica que muchos taxa en distintos grupos zoológicos sean troglófilos muy comunes en cuevas de casi todo el mundo; sin embargo, tales taxa permanecen como troglófilos, no generando formas troglobias en esos grupos (CULVER, 1982; BOTOSANEANU & HOLSINGER, 1991). Inversamente, a pesar que pocos taxa pasan del estado 2 al 3, la capacidad de adaptarse al medio profundo que presentan algunos taxa conlleva a que tengan un mayor número de especies en el nivel 3 que en el 2. Un ejemplo claro es proporcionado por los colémbolos; los representantes extremadamente edáficos de la familia Onychiuridae no muestran un claro troglomorfismo; los miembros de la familia Isotomidae y de la subfamilia Tullberginae se encuentran entre los más comunes troglófilos en todo el mundo y entre los primeros en ocupar nuevos sistemas de cuevas, pero no hay linajes troglobios en sus grupos; igualmente abundantes en cuevas son los Sminthuridae, pero sólo el género *Arrhopalites* ha dado origen a especies troglobias; por el contrario, la familia Entomobryidae posee numerosas formas troglobias y en ellas los caracteres troglomorfos están muy desarrollados (CHRISTIANSEN, 1985).

Los troglófilos que facultativamente invaden la zona profunda, podrán explotar recursos tróficos en ésta de modo temporal; la mayor dificultad para establecerse consistirá en su habilidad para localizar pareja y reproducirse. Mientras no consigan ésto o sólo lo logren algunas parejas aisladas, se verán en la circunstancia de tener que regresar al ambiente intermedio para completar su ciclo vital, o bien perecerán. Es de suponer que después de repetidos intentos, o cuando una subpoblación numéricamente mayor tenga éxito en sobrevivir y reproducirse en la zona profunda, se abrirá a ésta la posibilidad de ocupar un nuevo habitat de gran extensión y, a nivel poblacional, la subpoblación divergente podrá entonces expandirse rápidamente y desarrollarse en el nivel 3 como forma troglomorfa.

Cada una de estas fases o etapas es iniciada por poblaciones marginales con respecto al nuevo habitat que están colonizando. Muchas estimaciones del tamaño de población en base a estudios de marcaje-recaptura muestran en troglobios valores menores que  $10^4$  individuos y en troglófilos menores que  $10^5$ , lo cual es significativamente menor (al menos en 1 ó 2 órdenes de magnitud) que el de poblaciones epigeas próximas (CULVER, 1982; KANE & CULVER, 1991). No obstante, la ocurrencia de troglobios en otros habitats transicionales como MSS o intersticial puede indicar una subvaloración de los datos censales (JUBERTHIE & BOUILLON, 1982). De todos modos, parece claro como norma general que las poblaciones troglobias son poco numerosas y sus densidades muy bajas, comparativamente.

En el caso de la colonización del medio subterráneo en los trópicos lo que puede ocurrir es que, la mayor abundancia

de recursos tróficos en las cuevas y la mayor extensión del ambiente intermedio en éstas probablemente explica que predominen estrategias de la r entre la fauna preadaptada que ingresa a las cuevas. Bajo tales condiciones estos troglófilos tropicales (capaces de vivir en las cuevas y perfectamente adaptados a ellas) no obtienen ventajas ni resulta para ellos atractiva la colonización del ambiente profundo, de menores recursos desigualmente distribuidos. Como corolario, pocos se aventuran a pasar al nivel 3 y adoptar una estrategia de la A. Sólo un número reducido de especies, con tendencia a la ultraespecialización y la aptitud necesaria para ello, emprenderá ese camino. Eso podría explicar la escasez de troglobios estrategias de la A en medio tropical, o de estrategias de la K en general. En zonas templadas, en cambio, los reducidos recursos disponibles en la globalidad del ambiente subterráneo durante los episodios fríos glaciares, determinaron la eliminación de faunas pre-existentes, y sólo sobrevivieron especies capaces de explotar eficientemente estos escasos recursos, es decir, estrategias de la K, que evolucionarían como formas altamente troglomorfas. La antigüedad de éstas no es necesariamente mayor que la de muchos troglófilos no-troglomorfos tropicales, los cuales pueden ser antiguos. CHAPMAN (1986) ha expresado la opinión de que estos no-troglomorfos tropicales estrategias de la r podrían equipararse a los troglomorfos templados estrategias de la K, y que ambos serían troglobios o, por el contrario, habría que abandonar la clasificación ecológica de troglófilos y troglobios por ser inadecuada.

En nuestra opinión estas formas no-troglomorfas tropicales pueden ser definidas como troglófilos habitantes del ambiente intermedio y su existencia -perfectamente adaptada a este ambiente cavernícola- se asocia a la mayor disponibilidad de recursos y escaso rigor ambiental en esta zona de las cuevas tropicales. Lo que hace difícil considerarlos como troglobios es que no habitan en el ambiente profundo, no han adoptado una estrategia de la A que les permita resistir condiciones adversas y, como consecuencia de ello, no han sido modificados profundamente y son muy poco troglomorfos. Es en este sentido que creemos que la presencia o ausencia de troglomorfismos sí resulta indicadora de algo. Muchas de estas formas troglófilas pueden incluso estar diferenciadas de sus congéneres epigeos y hay diversos ejemplos de troglófilos tropicales que hasta el momento presente sólo son conocidos de cuevas, pero no de superficie.

Sin embargo, en medio tropical también hay formas verdaderamente troglomorfas. Estas muestran una clara preferencia de habitat: invariablemente ellas son encontradas casi exclusivamente en pequeñas galerías, cul de sacs, y conductos sujetos a inundación justamente encima del nivel piezométrico, donde el lento drenaje de las aguas de crecida deposita alimentos aprovechables y donde la temperatura permanece constante y la humedad igual o próxima a la saturación. Esto ha sido señalado para cuevas de Papua Nueva Guinea y Sarawak, Borneo por HOLTHUIS (1979, 1980), CHAPMAN (1985), EMBERSON & MOORE (1982) y SCHULTZ (1982). Nosotros encontramos condiciones similares en cuevas tropicales de Venezuela, Brasil y Cuba (GALÁN, 1995,

1996). LELUP (1965), PECK & KUKALOVA-PECK (1986), HOWARTH (1973), e ILIFFE *et al.* (1984) han encontrado fauna troglomorfa en cuevas lávicas de Galápagos, Hawaii y Canarias, incluyendo ejemplos de habitats crípticos transicionales.

En relación a la gran diversidad de invertebrados epígeos en los trópicos, nótese que la existencia de numerosas formas especialistas o estrategias de la K está asociada a la multiplicidad de nichos ecológicos, muchos de ellos "construidos" por seres vivos, y que la especialización más común es alimentaria. Los cavernícolas, en cambio, son generalistas alimentarios ("detritívoros" polípagos) y el habitat que ocupan es extenso pero muy uniforme; por ello, su estrategia de vida es mejor definida como una estrategia de la A, que incluye no tanto la especialización alimentaria y la limitación a un reducido nicho, sino la capacidad de utilizar variados recursos de escaso valor nutritivo bajo condiciones ecológicas severas en un habitat extenso (GALÁN, 1993). En muchos grupos zoológicos con numerosas formas troglófilas, los troglomorfismos suelen ser muy poco marcados o inconsistentes (CULVER, 1982); también faltan en biotopos específicos como los depósitos de guano, los cuales son extremadamente ricos en energía (SBORDÓNI, 1980); en opinión de PECK (1986) el troglomorfismo no debe ser esperado en tales casos, ya que éste ocurre o es propio de organismos que explotan grandes volúmenes terrestres o acuáticos, pero no biotopos o alimentos restringidos como los utilizados por especialistas y guanobios.

Cada fase, etapa o grado en la evolución cavernícola parte de poblaciones marginales necesariamente abundantes en su habitat de procedencia, pero escasos en número en el nuevo ambiente. Este, como hemos visto, es de severidad creciente, pero a la vez de gran extensión. Las poblaciones iniciales, de bajo número de efectivos, que consiguen superar un gradiente y tener éxito en el establecimiento de una población reproductiva, divergirán marcadamente de sus predecesores, y la adaptación exitosa entrañará o desembocará en especiación.

## ESPECIACION Y EVOLUCION

La variación en el marco de una simple especie tiene muchas implicaciones en casi todos los aspectos de la biología, especialmente en la interpretación de las especies y los procesos de especiación. Taxónomos, genetistas, evolucionistas y ecólogos han incrementado su interés por el estudio de la variación en mayor profundidad, ya que se piensa que la variación por debajo del nivel específico encierra la clave para entender el origen de las especies.

Normalmente es aceptado que el ambiente no afecta directamente a los individuos para producir caracteres morfológicos y fisiológicos adaptativos, sino que actúa a través de la selección natural sobre la composición genética global de la población como un todo. Cada población local está adaptada, a través de la selección natural, a un ambiente específico. Ya que debe haber, teóricamente al menos, un genotipo óptimo para cada población en un ambiente particular, teóricamente debería esperarse una uniformidad genética

en cada población. Sin embargo, en la realidad, esto no ocurre y, por el contrario, la variación sigue existiendo como una propiedad fundamental de todos los sistemas biológicos. Todos los organismos contienen un gran almacén de variabilidad genética latente, la cual, incluso aunque no se manifieste en algunos fenotipos individuales, es un importante atributo de las poblaciones y, a su vez, de la especie como un todo.

El mantenimiento de la variabilidad genética es importante para la supervivencia de las especies y, en ocasiones, esto puede llevar a que algunos organismos (portadores de esta información genética) sean capaces de sobrevivir a drásticos cambios ambientales, los cuales producen condiciones adversas para el genotipo modal que está mejor adaptado a las condiciones originales. De modo similar la población puede contener genotipos que favorezcan la colonización de nuevos ambientes; permitiendo una mayor capacidad de supervivencia y expansión de su distribución.

Las principales fuentes de variabilidad genética son las mutaciones, el flujo de genes y las recombinaciones, mientras que los factores que reducen la variabilidad son esencialmente la selección natural y la deriva genética. La deriva genética ha sido definida por DOBZHANSKY (1951) como "fluctuaciones reales en la frecuencia de genes en poblaciones efectivamente pequeñas". En tales poblaciones pueden ser perdidos completamente genes particulares, dando así a la población rasgos característicos. La selección natural actúa favoreciendo sólo aquellos fenotipos mejor adaptados a las condiciones ambientales, capaces de sobrevivir y reproducirse, y así perpetuarse a través de sus descendientes. La variación responde por tanto a una variedad de fuerzas selectivas ambientales, dando lugar al predominio de ciertos genotipos en poblaciones de diferentes áreas o tipos de habitat.

La variación juega un papel central en muchas discusiones sobre los mecanismos de especiación, especialmente en la controversia concerniente a los modelos alopátrico y simpátrico de especiación. La principal diferencia de opinión reside en si las poblaciones necesitan o no estar geográficamente separadas o aisladas antes de que la diferenciación ocurra.

Uno de los modelos clásicos de especiación es llamado especiación alopátrica. El carácter esencial de esta hipótesis es que las poblaciones que quedan separadas por algún tipo de barrera geográfica devienen genéticamente diferenciadas debido a la deriva genética o a la selección natural diferencial como producto del nuevo ambiente. Si las barreras son subsecuentemente removidas después de este período de desarrollo independiente hay varias posibilidades posteriores: las dos poblaciones no han divergido suficientemente y se interreproducen libremente; la interreproducción ocurre pero con baja eficiencia de los híbridos; o la divergencia puede ser tal que las poblaciones no son capaces de copular o de producir descendientes viables. La última posibilidad es considerada especiación alopátrica, y ya se está en presencia de dos especies. Algunos biólogos sostienen que esta explicación es el único modo posible de especiación en organismos que se reproducen

sexualmente (MAYR, 1970), pero otros (DORZHANSKY, 1970; SCUDDER, 1974; WHITE, 1978) sostienen que éste es sólo uno entre varios posibles procesos de especiación. A pesar de que teóricamente la explicación alopatrica es muy plausible y lógica, este modo de especiación, como todos los otros, no ha sido observado en la actualidad.

Como veremos en los siguientes apartados, la Bioespeleología no escapa a la polémica actual sobre el concepto de especie y el de los modos en que la especiación ocurre o puede ocurrir. A menudo este tema determina la visión general que tienen diferentes autores sobre el proceso de especiación en cavernícolas, la evolución troglomorfa, y la clasificación ecológica y taxonómica de los organismos involucrados.

## 1. Concepto de especie

El desarrollo de la genética de poblaciones en los años 30 tiene por resultado un nuevo avance en la concepción de la sistemática y clasificación biológica de los organismos, desarrollada inicialmente por Linneo, e introduce una nueva aproximación al concepto de especie. Las especies pasan a ser definidas en términos de poblaciones, como sucintamente lo hace MAYR (1970): las especies son "grupos de poblaciones naturales interreproductoras, aisladas reproductivamente de otros grupos". Este "concepto biológico de especie" es hoy ampliamente aceptado, tanto por genetistas como por taxónomos, a pesar de haber sido criticado desde distintos puntos de vista. EHRlich & HOLM (1963), SOKAL & CROVELLO (1970) y LOVTRUP (1979) piensan que el evolucionista sólo necesita preocuparse con poblaciones y que para el taxónomo sería preferible abandonar el concepto biológico de especie y usar una aproximación estrictamente fenética (cladística). Esta visión ha sido discutida por WHITE (1978), y la controversia entre la aproximación a la taxonomía filogenética versus la fenética ha sido cubierta, entre otros, por HULL (1970); el volumen 24 de *Systematic Zoology* resume sus resultados. Es suficiente decir aquí que el concepto biológico de especie ha resistido, de lejos, a sus más fundamentales ataques, y hasta ahora es la única base conceptual válida para el trabajo de los biólogos.

El concepto biológico de especie puede resultar inadecuado cuando se trabaja con organismos en los cuales no ocurren poblaciones interreproductoras, es decir, asexuales o uniparentales. Dobzhansky excluye a los organismos uniparentales de su concepto de especie, denominándolos "pseudoespecies" (DOBZHANSKY, 1972). Los taxónomos han descrito especies tanto en organismos uniparentales como biparentales, y continúan haciéndolo; resulta claro que las primeras son distintas de las especies sexuales y han sido llamadas "agamospecies", pero esto no resuelve el problema conceptual. No obstante, estos taxa asexuales no exhiben una caótica gama de variación, y pueden ser agrupados y denominados por sus caracteres de forma parecida a las especies sexuales, aunque se tenga en claro que la interreproducción es crucial para la delimitación de especies biológicas.

La más significativa limitación del concepto biológico de

especie puede ser la ausencia de la dimensión temporal, ya que las especies son unidades esenciales de evolución. SIMPSON (1961) concibe sus especies evolutivas como "un linaje (una secuencia ancestro-descendiente de poblaciones) que evoluciona separadamente de otros" y ve como problemático la delimitación de especies a lo largo del tiempo. Él sugiere que un linaje evolutivo tendría que ser dividido arbitrariamente en una sucesión de especies a lo largo del registro fósil, entre las cuales las diferencias morfológicas deben ser al menos tan importantes como las existentes entre especies vivientes del mismo grupo. Para otros filogenetistas, sin embargo, no existe un problema conceptual en la delimitación de especies evolutivas; éstas se originan cuando un linaje se divide en dos, de modo que cada especie existe como un simple linaje que ocupa el intervalo de tiempo entre dos eventos de especiación. WILEY (1978) adopta una aproximación filogenética y modifica ligeramente el concepto de Simpson mostrando que, de hecho, las especies no evolucionan a una tasa constante, sino que "mantienen su identidad" con respecto a otras especies a través de períodos de relativa estabilidad. Esta visión del proceso evolutivo ha sido discutida entre otros por GOULD & ELDREDGE (1977).

El concepto biológico de especie y el concepto evolutivo de especie no son en modo alguno contradictorios; el primero es un caso especial del segundo, aplicado en un punto del tiempo a poblaciones contemporáneas de organismos bisexuales. En términos de genética de poblaciones, Dobzhansky p.ej. refiere las especies como arreglos de combinaciones de genes que forman "picos adaptativos", distinguibles porque los valles "no-adaptativos" de combinaciones desfavorables de genes permanecen ampliamente inhabitados. Las especies, en el caso de organismos asexuales y sexuales, pueden entonces ser visualizadas como poblaciones naturales, que evolucionan como una unidad en la actualidad, o que retienen la capacidad de evolucionar como una unidad (MEGLITSCH, 1954; WILEY, 1978). La población de una especie es la manifestación visible de un pool de genes los cuales retienen su carácter como pool unificado porque, en teoría, cualquier alelo presente puede eventualmente llegar a reemplazar a todos los factores alelomórficos del pool, bien sea como resultado de interreproducción o bien como consecuencia de la simple supervivencia diferencial en el caso de organismos asexuales. La especie es así una región independiente y distinta del espectro genético, sin importar el mecanismo envuelto en la distribución de estos genes, y es por tanto aplicable igualmente a organismos que se reproducen sexual o asexualmente.

Quizás la implicación más importante de estas ideas es, no tanto que permiten acomodar en el concepto de especie a organismos uniparentales y biparentales, sino que proveen a las especies del sentido de unidades funcionales. Esto enfatiza que las especies existen, no tanto porque estén reproductivamente separadas, sino porque poseen roles evolutivos y ocupan nichos evolutivos separados en la Naturaleza. El aislamiento reproductivo surge de la necesidad de los organismos biparentales de concentrar sus combinaciones genéticas en torno a picos adaptativos. En este

sentido, el concepto biológico de especie probablemente ha sobreenfatizado el papel que juega el aislamiento reproductivo en la delimitación de especies sexuales y en el proceso de especiación.

## 2. Modos de especiación

En términos geográficos, clásicamente se distinguen tres modos de especiación: simpátrica, parapátrica y alopatrica (ENDLER, 1977). En la especiación simpátrica no hay segregación espacial entre las poblaciones divergentes y los miembros de cada una permanecen en el área de cruce de la otra. En la especiación parapátrica las poblaciones son contiguas, y la segregación espacial (sin disyunción) y la diferenciación son seguidas por el alcance del aislamiento reproductivo. En la especiación alopatrica, el entero proceso ocurre en disyunción, debido a la presencia de alguna barrera geográfica.

Ninguna de las vías envueltas en la diferenciación incluye una garantía de que el completo aislamiento reproductivo será alcanzado, como tampoco las distribuciones finales de los organismos proveen indicaciones, en sí mismas, del modo de especiación que ha estado involucrado. La adquisición, no sólo de una distribución geográfica actual, sino de otras características, pueden ser fenómenos post-especiación. En este sentido, debe recordarse que las inferencias evolutivas nunca son hechos probados, al menos no del modo en que el parentesco evolutivo es interpretado contando con la evidencia del registro fósil. La especiación es un proceso que requiere tiempo, por lo que no es posible su observación directa; la evidencia de la especiación debe ser entonces indirecta, por lo cual es más conveniente tratar los modos de especiación como modelos. Pero, su valor en este sentido, deja mucho que desear, ya que las predicciones derivadas de los mismos difícilmente son testables, por lo que se recurre a evaluar en qué grado son consistentes con las observaciones. MAYR (1979) reconoce que "el proceso de especiación tiene que ser reconstruido por inferencia". Por lo que el estudio de la especiación permanece en gran medida como una "ciencia ad hoc" (BUSH, 1975).

El clásico modelo alopatrico (MAYR, 1970; 1979) ha sido objeto de creciente crítica y una amplia gama de hipótesis y modelos alternativos, no-alopátricos, está ahora disponible. Discusiones sobre ellos han sido hechas por MURRAY (1972), BUSH (1975) y ENDLER (1977), entre otros. Una comprensiva revisión de la mayoría de los modelos existente es la de WHITE (1978).

Nuestra aproximación a la especiación parte, en primer lugar, del interés que reviste el tema para los taxónomos que trabajan con invertebrados en general y con los cavernícolas en particular. En insectos y otros numerosos grupos de invertebrados es claro que ha ocurrido una abundante especiación durante su exitosa radiación adaptativa. Considerando el elevado número de especies existentes (aproximadamente 1,2 millones de especies descritas y más de 10 millones de especies estimadas aún por describir) y lo que es conocido sobre su parentesco filético, es claro que muchos millones de eventos de especiación han tenido que

ocurrir. Además, como los invertebrados son organismos primariamente de reproducción sexual y biparentales, cabe preguntar si estos millones de eventos han sido producidos por una interrupción del flujo de genes del tipo postulado por el modelo alopatrico (creación de barreras geográficas), o bien, si otros modelos pueden proveer explicaciones más reales y plausibles y en tal caso, qué datos pueden ofrecer éstos en términos de probar cada modelo. En segundo lugar, debido a que el karst o los sistemas de cuevas (en otras litologías) ocupan un volumen, la consideración puramente geográfica de si las distribuciones son contiguas o yuxtapuestas puede ser irrelevante, ya que la yuxtaposición horizontal puede resultar contigua verticalmente. Más bien lo que interesa discernir es si la especiación en cavernícolas puede ocurrir por la existencia de más de un modo de especiación, ya que de ello emergen visiones diferentes sobre cómo procede la adaptación y la evolución en cavernícolas. En tercer lugar, puede resultar más útil mirar la especiación en término de flujo de genes (y no de distribuciones geográficas) y analizar qué puede causar su interrupción. La creciente evidencia aportada por investigaciones de campo, análisis filogenéticos, genéticos y ecológicos, experimentos de laboratorio y modelos teóricos, sugieren que el establecimiento de barreras reproductivas pre-cópula resulta crucial en el proceso de especiación y que éste ocurre frecuentemente por modos no-alopátricos.

Con la introducción de nuevas técnicas se ha hecho visible que existe una alta variabilidad genética y altos niveles de polimorfismo genético y de heterocigosis en poblaciones naturales. Una revisión de LEWONTIN (1974) concluye que la preponderancia de diferencias genéticas entre especies cercanamente relacionadas está latente en el polimorfismo existente dentro de las especies. Esta variabilidad difiere marcadamente de un grupo zoológico a otro y es mucho mayor en invertebrados que en vertebrados (WHITE, 1978).

También se ha establecido que las frecuencias génicas son heterogéneas a lo largo del área de distribución de una simple especie. Tal variación espacial es un carácter tanto de poblaciones contiguas como disyuntas. ENDLER (1977) establece que la interrupción o reducción del flujo de genes puede acelerar la diferenciación, pero no es necesaria para alcanzar la especiación. En este sentido cabe considerar dos aspectos: qué grado de extensión alcanza el flujo de genes en poblaciones naturales y qué grado de influencia tiene el flujo de genes como fuerza cohesiva.

Un ejemplo interesante lo suministran los experimentos de laboratorio efectuados sobre clinas de *Drosophila* (ENDLER, 1974; 1977), donde 15 demes de *Drosophila* fueron dispuestos para estudio; las clinas resultantes de la frecuencia génica de un gen marcador fueron seguidas a lo largo de 35 generaciones. Fue hallado que no existían diferencias significativas entre las clinas con hasta 40% de flujo de genes y aquéllas sin flujo génico. Todo ello sugiere que bajo fuerte presión de selección en cada deme, la diferenciación es posible, incluso cuando existe un flujo de genes tan alto como del 40%. Los resultados experimentales y los modelos teóricos muestran que es posible por diferenciación local evolucionar parapátrica o simpátricamente, a pesar de existir



un considerable flujo de genes, si los gradientes de selección entre poblaciones contiguas son uniformes o si la presión selectiva es fuerte.

Si una marcada diferenciación puede originarse tanto en poblaciones continuas como disyuntas, ¿cuál de estos dos sets de situaciones tiene mayor significado?. HAMMOND (1981) ha hallado en insectos que la disyunción que no va acompañada por una diferenciación observable es, sorprendentemente, bastante común, mientras que el monomorfismo en poblaciones continuas de amplia distribución es relativamente raro. Por lo que concluye que tanto la distancia como la disyunción pueden ser responsables de la diferenciación observada en poblaciones naturales.

MAYNARD SMITH (1966) y otros autores han explorado -por medio de modelos matemáticos- las condiciones bajo las cuales la selección natural en un ambiente heterogéneo puede conducir al polimorfismo genético. El tipo de polimorfismo multi-nicho (o multi-habitat) que la investigación de Maynard Smith sugiere que puede formarse en simpatria ha sido hallado en poblaciones naturales, como p.ej. en las poblaciones de insectos estudiadas por HALKKA (1978) y WILSON (1989). La selección frecuencia-dependiente es responsable de tal polimorfismo y la correlación entre los morfos y los distintos tipos de nicho (o de habitat) resulta naturalmente en el establecimiento de muy diferentes frecuencias de alelos en las distintas subpoblaciones, a pesar de que los morfos se han formado en simpatria.

Otro tipo de divergencia, para la cual hay buena evidencia de su origen simpátrico, es la exhibida por las razas-hospedador (u otras razas biológicas) que ocurren en la naturaleza simpátricamente. Las razas-hospedador, las cuales se han formado rápidamente en tiempos históricos recientes, son conocidas en diversos grupos de insectos. Particularmente han sido estudiadas por BUSH (1975) en moscas Tephritidae que son plagas de variedades de árboles de manzanas introducidas en USA a partir de 1860. Sobre las variedades de plantas se han diferenciado en menos de 100 años nuevas formas de moscas de las frutas. Bush destaca que el proceso ocurre en simpatria, por simple deriva de hospedador, y que la variación genética necesaria para establecer una nueva raza-hospedador está presente en la población parental, incluso antes de que aparezca en escena un nuevo hospedador. A la vez, muestra clara evidencia de que tanto el hospedador como el sitio de cópula están ligados estrechamente y están controlados genéticamente, teniendo lugar la cópula en los frutos de la planta-hospedador. En aquellas instancias en que la cópula no está tan estrechamente ligada al hospedador, Bush concluye que una diferencia de tiempo en el momento de cópula, asociada a un cambio de hospedador, pueden generar también la divergencia simpátrica.

Una importante característica del modelo simpátrico de razas-hospedador es que sólo son requeridos unos pocos cambios en los loci claves de algún gen para permitir el contacto con el nuevo hospedador. El proceso no es iniciado por una "revolución genética" y la diferenciación asociada a un nuevo nicho ecológico no es más que su continuación (HUETTEL & BUSH, 1972). Las diferencias genéticas entre

razas-hospedador pueden ser vistas como la formación -in statu nascendi- de nuevas especies. La deriva simpátrica de este tipo puede también darse por cambio de habitat y casos similares de formación de razas-habitats (por deriva a habitats de reciente formación) han sido documentados para diversos invertebrados (DIEHL & BUSH, 1989); BUSH (1994) presenta un resumen de los resultados obtenidos en este sentido por los estudios de STANHOPE *et al.* (1993), CARROLL & BOYD (1992) y VOUIDIBIO *et al.* (1989). Este origen simpátrico de nuevas especies por cambio de habitat o de nicho ecológico es probablemente uno de los principales factores involucrado en la alta diversidad que presentan los ecosistemas tropicales y en la co-evolución entre insectos y plantas, por lo que la divergencia y especiación simpátrica -vía una deriva de habitat- puede ser muy común. En la especiación de los cavernícolas muy probablemente operan derivas de este tipo, pudiendo ser iniciada la divergencia por diferencias en la elección del biotopo de cópula o del momento de cópula, ya que este último suele estar correlacionado positivamente con la disponibilidad de alimento y condiciones ecológicas favorables, las cuales son distintas en los ambientes epigeos e hipogeos.

La partenogénesis y la poliploidía pueden intervenir dando origen a tipos especiales de especiación. La partenogénesis ocurre en muchos grupos animales y plantea diversas dificultades filosóficas al biólogo. Los sistemas sexuales no son universales. BLACKMAN (1981) ha colocado al sexo en su verdadero contexto, el de ser un poderoso facilitador de la evolución, discutiendo luego las implicaciones de un sistema de vida asexual. Cuando la partenogénesis es combinada con los procesos sexuales, en aquellos organismos que poseen una alternancia de generaciones uniparental y biparental, las implicaciones evolutivas son algo diferentes.

La especiación por poliploidía (GIBBY, 1981), ampliamente predominante entre plantas pero también presente en animales (sobre todo en insectos), es particularmente interesante e informativa, ya que involucra la aparición repentina de nuevas especies -inambiguamente- en el área de distribución de las existentes (simpatria). La exitosa formación de una especie poliploide casi siempre involucra la hibridización entre dos especies parentales, por lo que la nueva forma se inicia con un único, altamente heterocigótico (y por implicación, altamente adaptativo) genoma.

WHITE (1978) también ha destacado el papel que juegan los rearrreglos cromosómicos en iniciar la divergencia. Su modelo "estasisipátrico" provee una convincente explicación de cómo surgen razas parapátricamente distribuidas en insectos ortópteros de la familia Morabinae. Este modelo fue desarrollado a partir de estudios citológicos y taxonómicos y parece que puede ser aplicable a grupos de organismos de baja vagilidad y estructura genética poblacional similar a la de los Morabinae, tal como saurios y roedores. El modelo estasisipátrico de White involucra la generación de rearrreglos cromosómicos (en su mayoría fusiones y fisiones de segmentos cromosómicos), dando homocigotos adaptativamente superiores y heterocigotos inferiores. Las

poblaciones en las cuales se establece el rearrreglo adoptan una distribución parapátrica con respecto a la población parental.

La idea de que el aislamiento reproductivo puede ser desarrollado gradualmente e impulsado por la selección natural es tan antigua que se remonta a A.R. Wallace. La premisa esencial es muy simple. Si hay más de un fenotipo favorecido por la selección, los intermedios tendrán más baja eficiencia, y entonces la selección natural tenderá a eliminar a los "híbridos". Cualquier desventaja post-cópula de los híbridos deberá así favorecer el desarrollo de barreras a la cópula heterogamética. Más específicamente, si los heterocigotos tienen una desventaja comparados con los homocigotos, entonces cualquier gen que cause una reducción de la frecuencia de los heterocigotos será favorecido sobre otros genes que no tengan efecto en la preferencia de cópula. El desarrollo de barreras reproductivas de este modo, ha sido llamado "Efecto Wallace". Un importante punto a destacar es que una selección de este tipo no es una selección para el desarrollo del aislamiento reproductivo como tal, sino una selección contra las cópulas heterogaméticas.

Varios estudios experimentales (listados por ENDLER, 1977) han empleado exitosamente selección artificial para producir cópulas electivas. Bajo intensa selección, pueden ser producidas muy rápidamente barreras pre-cópula. Sin importar lo equívocos que puedan considerarse los resultados de tales experimentos (en comparación con lo que ocurre en la Naturaleza), ellos permiten una clara conclusión: existen recursos genéticos para explicar el Efecto Wallace. Basados en la desventaja post-cópula de los híbridos, los modelos de ENDLER (1977) demuestran cómo en determinadas circunstancias un gen puede propagarse hasta su fijación.

Otros modelos matemáticos han explicado también el importante efecto que la heterogeneidad ambiental tiene sobre la estructura genética de las poblaciones y como ésta puede generar polimorfismo. DICKINSON & ANTONOVICS (1973) han mostrado que para un simple gen A (no dominante) controlando un carácter bajo selección disruptiva, con presiones de selección sobre los genotipos AA, Aa y aa = 0,8, con flujo de genes 0,3 y con grado de cópulas electivas 0,9, el completo aislamiento reproductivo es logrado en tan poco como 18 generaciones. A pesar de los admitidos supuestos que el modelo contiene, los autores concluyen que éste provee una inequívoca demostración de que la especiación simpátrica es posible.

La selección que favorece cópulas electivas no es el único modo en que pueden generarse barreras reproductivas pre-cópula en poblaciones continuas. En discusiones teóricas sobre la divergencia y la especiación simpátricas MAYNARD SMITH (1966) ha mostrado que los cambios en la frecuencia de cópula, resultantes de la "selección de habitat", son también posibles modos por medio de los cuales puede desarrollarse el aislamiento reproductivo. La selección de habitat, en este contexto, es la ocurrencia preferencial de un genotipo en el habitat o nicho para el cual es más eficiente. Cuanto más discretos son los nichos de los genotipos (espacial o temporalmente), mayor será la tendencia a que se desarrolle una separación reproductiva pre-cópula. Este

proceso tiene mucho en común con el modelo de BUSH (1975, 1994) de razas-hospedador (o razas-habitat). Pero aquí el énfasis es puesto en el desarrollo gradual de barreras reproductivas pre-cópula, como corolario de una progresiva selección de habitat (no necesariamente un diferente hospedador o un diferente biotopo). El papel jugado por el alto stress ambiental del habitat subterráneo sobre los organismos cavernícolas (HOWARTH, 1993) sería un proceso similar al descrito; la selección y divergencia se producen al invadir un nuevo habitat en el cual las presiones de selección son muy fuertes, debido a la adversidad del medio.

Una distinción ha sido hecha entre las instancias donde la especiación es completada en aislamiento del flujo de genes y otras donde al menos persiste una cierta cantidad de contacto genético hasta el momento en que la especiación es completada. Considerando la especiación en términos de flujo de genes (y no de distribuciones geográficas) puede decirse que existen tres modos posibles de especiación: (1) Siguiendo un período de diferenciación, el aislamiento reproductivo es alcanzado por el perfeccionamiento de barreras reproductivas en presencia de flujo de genes. (2) Siguiendo un período de diferenciación, el aislamiento reproductivo es alcanzado en inmunidad ante el flujo de genes. (3) La ruptura irreversible del flujo de genes produce un aislamiento reproductivo "instantáneo", como en el cambio de ploidía. Este es -teóricamente- sinónimo de especiación, pero las nuevas especies sólo serán reconocidas como tales si ellas sobreviven lo suficiente como para exhibir un cierto grado de diferenciación.

La mayoría de los modelos de especiación simpátrica y parapátrica claramente conforman el Modo 1, al igual que los modelos que involucran selección de hospedador o de habitat. Mientras que la especiación alopátrica en su estricto sentido conforma el Modo 2. El cambio de ploidía conforma el Modo 3. Nótese que la subdivisión de un pool de genes por disyunción geográfica -alopatria- aunque es completa, siempre es potencialmente reversible. Los rearrreglos cromosómicos implican una subdivisión parcial pero generalmente irreversible, mientras que la distancia (como en una clina) siempre es parcial y potencialmente reversible. Por ello, las poblaciones en las cuales la diferenciación está ocurriendo tienen un futuro incierto; la reversión de barreras parciales o temporales al flujo de genes puede reunir de nuevo muchos segregados divergentes a su población parental, por lo que la diferenciación en sí misma no es necesariamente divisiva. Para que se complete el proceso de especiación es necesario que se alcance el aislamiento reproductivo, el cual comprende el estado final en todos los casos, es decir, la ruptura completa e irreversible de la continuidad genética.

Podemos concluir que la percepción actual entre numerosos investigadores es la de que los modos de especiación simpátrico y parapátrico (además del alopátrico) son un significativo modo en que la especiación ocurre en la Naturaleza, particularmente entre ciertos grupos de organismos muy ricos en especies, como insectos, arácnidos y nemátodos (SCUDDER, 1974; BUSH, 1975, 1994; WHITE, 1978; KONDRASHOV & MINA, 1986; TAUBER & TAUBER, 1989; OTTE & ENDLER, 1989). La ocurrencia e importancia de la

especiación simpátrica es reforzada por la distribución taxonómica de los casos propuestos. Entre los animales, una muy alta proporción se origina en los insectos (BUSH, 1975; KONDRASHOV & MINA, 1986; OTTE & ENDLER, 1989) y entre peces y moluscos (MC KAYE, 1980; DAVIS, 1982; ECHELLE & KORNFIELD, 1984; GITTENBERGER, 1988; MEYER, 1989; WILSON, 1989). Pocos ejemplos vienen de aves o mamíferos y éstos frecuentemente están asociados a rearrreglos cromosómicos; una notable excepción son los pinzones de cactus de la Isla Genovesa, en Galápagos (THORPE, 1945; GRANT & GRANT, 1979). Esta disparidad explica en parte los distintos puntos de vista de biólogos que trabajan con distintos grupos zoológicos. En la actualidad, existe sustancial información tanto de que la especiación simpátrica tiene un papel predominante en insectos (el grupo más numeroso de organismos) como de que el aislamiento por barreras geográficas no es un requisito para la especiación (BUSH, 1975, 1994; ENDLER, 1977, 1989; TEMPLETON, 1980; BARTON & CHARLESWORTH, 1984; BUSH & HOWARD, 1986; KONDRASHOV & MINA, 1986; FEDER *et al.*, 1988; MC PHERON *et al.*, 1988;).

### 3. Especiación en cavernícolas

En los apartados anteriores hemos visto que los modos de especiación simpátrico y parapátrico no sólo son posibles sino que alcanzan una gran significación en los grupos de organismos más numerosos en especies (invertebrados). También ha sido destacado que la diferenciación y especiación son posibles en presencia de flujo génico, y que bajo fuerte presión de selección puede ocurrir incluso cuando el flujo de genes es considerable.

En el caso de los cavernícolas, que en su mayoría son invertebrados, los procesos no-alopátricos seguramente están ampliamente extendidos. Los factores involucrados en su adaptación y especiación pueden ser múltiples. La selección natural en un ambiente heterogéneo conduce al polimorfismo genético de tipo multi-nicho o multi-habitat. En estudios con cavernícolas (sobre todo anfípodos, colémbolos y peces) ha sido demostrado que las poblaciones hipógeas y epígeas se adaptan de distinto modo a los distintos habitats y biotopos, y que esta adaptación es diferencial y promueve la divergencia y la evolución troglomorfa (CHRISTIANSEN, 1985; HÜPPOP, 1985; HOWARTH, 1987; KANE & CULVER, 1991; MATHIEU & TURQUIN, 1992). El paso del medio epígeo al hipógeo a través de ambientes transicionales puede proceder más o menos rápidamente, pero siempre involucrando fases, pasos graduales o etapas, en las cuales la adaptación al ambiente profundo de las cuevas representa el punto extremo de la evolución troglomorfa. Cambios rápidos pueden ser promovidos por factores como: paedomorfosis, neotenia, alto stress determinado por la severidad de las condiciones ambientales, etc. En todo caso, el ambiente hipógeo debe ser visto como un medio con gran potencial para favorecer los cambios genéticos.

Cabe destacar que la paedomorfosis y neotenia son fenómenos frecuentes en cavernícolas y han sido señalados desde fechas tempranas, particularmente en urodelos, peces, crustáceos e insectos (POULSON, 1963; VANDEL, 1965; BRAN-

DON, 1971; BESHARSHE & HOLSINGER, 1977; MATSUDA, 1982; HOWARTH, 1986). En estos casos los organismos modificados mantienen caracteres juveniles de las formas ancestrales en el estado adulto. El proceso, que puede afectar a órganos aislados o a la totalidad del organismo, involucra una divergencia rápida y global de la nueva forma cavernícola. Cambios paedomórficos ocurren inambiguamente en simpatría, como ha sido documentado particularmente para fauna intersticial (SCHMINKE, 1981; NEWMAN, 1983; WESTHEIDE, 1987; DANIELOPOL & BONADUCE, 1990). Posteriormente puede ocurrir especiación alopátrica por aislamiento pasivo, debido a la fragmentación del habitat p.ej. por regresiones marinas (STOCK, 1980; BOUTIN & COINEAU, 1990), lo que ha dado lugar a numerosos ejemplos de vicarianza. Sin embargo, obsérvese que el resultado vicariante es posterior al momento en que ocurre la especiación que da origen a la forma intersticial, y que este evento primario ocurre a través de una activa colonización del medio subterráneo por los organismos, sin intervención de barreras geográficas, es decir, por modos de especiación no-alopátricos.

La evolución troglomorfa en un linaje puede implicar así no sólo un único evento de especiación, sino más bien un proceso múltiple y progresivo, en el cual pueden ocurrir varios eventos de diferenciación y especiación (asociados a los cambios de biotopo) tanto en el paso de una forma epígea a troglófila, como en el de una forma troglófila o transicional a troglobia; la evolución filética posterior puede incluir episodios de fragmentación del habitat y multiplicación de especies, asociados al progreso de la karstificación o a cambios geomorfológicos y climáticos. Eventos vicariantes pueden ocurrir varias veces en sucesivas épocas de la entera historia de un linaje. En nuestra opinión, la evolución cavernícola está comandada por una activa colonización del medio subterráneo, siendo el aislamiento pasivo (alopátrico) un factor eventual y posterior en el tiempo; aunque sin descartar que en algunos casos pueda actuar simultáneamente o de modo combinado a lo largo de la entera historia evolutiva.

Entre los principales procesos que operan en la especiación de cavernícolas, la deriva simpátrica es fundamental. La idea de que el aislamiento reproductivo se puede desarrollar gradualmente por selección ("Efecto Wallace") ha sido probada por estudios experimentales y por modelos como los de ENDLER (1977) y DICKINSON & ANTONOVICS (1973), y es muy similar a la idea de la deriva de habitat de HOWARTH (1986). Aunque sin explicitar los mecanismos involucrados, CHAPMAN (1986) y GALÁN (1982; 1995) también han sugerido una idea de este tipo.

ENDLER (1977) y BUSH (1975; 1994) han enfatizado que el aislamiento reproductivo (especiación) puede ser alcanzado por el perfeccionamiento progresivo de barreras reproductivas, bien sea a través de selección que favorece cópulas electivas o bien a través de otros mecanismos intrínsecos pre-cópula, y que éstas pueden ser formadas durante el proceso de adaptación a un nuevo habitat. Bajo intensa selección la especiación simpátrica puede ocurrir rápidamente y el inicio de la especiación a través de una

deriva de habitat requiere pocos cambios genéticos (BUSH, 1994). La adversidad del ambiente profundo de las cuevas y el alto stress ambiental ejercido sobre los organismos cavernícolas (GALÁN, 1993; HOWARTH, 1993) proveen suficiente potencial selectivo para que la especiación en cavernícolas ocurra de este modo (simpátrica y/o parapátricamente), preferentemente o en la mayoría de las ocasiones.

Estos mecanismos pueden comprender factores de evitación de cópula que impliquen separación espacial o temporal, como diferencias de lugar o tiempo de cópula. La asincronía que evita la copulación entre las poblaciones que están diferenciándose puede desarrollarse como corolario de la especificidad de sitio para realizar otras actividades (alimentación o pupación p.ej., frecuente en insectos). Los factores temporales pueden involucrar diferencias cíclicas, estacionales o diarias; la pérdida de los ciclos más comunes en los cavernícolas o su mayor sincronización con el ciclo hidrológico del karst p.ej. pueden operar de este modo, con el resultado simple de favorecer la cópula homogamética o evitar la heterogamética. La divergencia de nicho tenderá a producir un comportamiento divergente que irá siendo acompañado por diferencias de lugar o tiempo de cópula. Esto ha sido sugerido p.ej. por ANDRIANI (1990) y GALÁN (1995) para la diferenciación de poblaciones hipógeas y epígeas de peces *Trichomycterus* y *Symbranchus* en cuevas de Venezuela.

También pueden estar involucrados factores de rechazo o evitación de cópula, particularmente los que envuelven diferencias en SMRS (sistemas de reconocimiento de cópula específicos), como diferencias en atractivos químicos, feromonas y señales de cortejo. En muchos casos, el mecanismo primario de aislamiento entre poblaciones simpátricas es alguna clase de específico "sex appeal". El desarrollo de señales y respuestas (o falta de respuesta) específicas en el proceso de cortejo o de atracción de copuladores potenciales actúa de este modo. Los comportamientos especie-específicos son muy frecuentes en diversas clases de animales inmediatamente antes o durante el cortejo. Particularmente significativas entre cavernícolas serán las señales táctiles intercambiadas en proximidad. SMRS que involucran discriminación táctil poseen gran especificidad y diferencias marcadas de este tipo son desarrolladas en simpatria. La idea de que las estructuras sexuales secundarias de los machos en insectos pueden estar involucradas directamente en barreras reproductivas pre-cópula son muy antiguas y datan de la época de Dufour, en 1844. El reconocido bioespeleólogo JEANNEL (1955) efectuó una elucidadora investigación en coleópteros sobre este tipo de variación en las características sexuales secundarias de los machos y llegó a la conclusión de que muchos de estos caracteres debían estar envueltos en la separación pre-cópula de las especies. Lo más significativo de las diferencias en los caracteres de reconocimiento táctil entre poblaciones simpátricas es que éstas son de un tipo muy simple en su diseño y de fácil discriminación. Los caracteres de reconocimiento táctil están situados frecuentemente en el apex abdominal, la genitalia o las patas; son característicos

las prominencias, ganchos, lóbulos divididos, proyecciones o incisiones en ángulo, combas, agrupamientos de pelos y sedas, y manchas texturales, en diversas combinaciones, que pueden ser rápida y fácilmente detectadas por sensores mecánicos simples. La investigación entomológica ha aportado numerosa información para sustentar que las diferencias en SMRS suelen ser completamente efectivas para asegurar la separación reproductiva pre-cópula de especies simpátricas cercanamente relacionadas (HAMMOND, 1972; ENDLER, 1977). Esto también ha sido mostrado para anfibios y otros grupos (BLAIR, 1964; ENDLER, 1977).

Otros mecanismos de separación reproductiva pueden incluir factores de incompatibilidad de cópula, es decir, todo tipo de impedimentos a la fertilización no-comportamentales ni de evitación. En invertebrados puede ocurrir una variada gama de incompatibilidades estructurales. La apropiada deposición de esperma puede ser impedida por la forma del endofalo del macho o de la bolsa copulatriz de la hembra, por la longitud y forma de las estructuras flagelares del macho, por la posición y estructura de la espermateca de la hembra, o por la estructura del espermatóforo. La divergente adaptación a distintos biotopos, particularmente en simpatria, normalmente desemboca en diferencias morfológicas que entrañan diferencias estructurales de este tipo. Ha sido sugerido que algunos factores de este tipo pueden ser productos incidentales de la diferenciación que acompaña y sigue a la especiación (y no un desarrollo previo para construir el aislamiento reproductivo); sin embargo, desarrollos divergentes inusuales son encontrados, precisamente, en pares de especies simpátricas; si éstos son el resultado de selección contra cópulas heterogaméticas o no, es algo que queda por resolver; por lo que ambas posibilidades quedan abiertas: pueden ser caracteres adquiridos antes de la especiación o bien pueden ocurrir en pools de genes ya separados por una efectiva barrera post-cigótica. El punto crucial para demostrar que el desarrollo de una barrera pre-cigótica no es un fenómeno post-especiación es que ella no siempre está suplementada por barreras post-cópula totalmente efectivas (HAMMOND, 1981). En anuros e insectos ha sido encontrado que los casos de pares de especies simpátricas que se hibridizan en la Naturaleza son raros, mientras que son comunes los casos en que pueden ser cruzadas exitosamente cuando las barreras pre-cigóticas se rompen bajo condiciones de laboratorio; así las barreras post-cópula entre especies simpátricas del mismo grupo son más frecuentemente inefectivas que efectivas (MECHAM, 1961).

La evidencia disponible actualmente sugiere que factores como los anteriormente comentados juegan un papel en la construcción de barreras intrínsecas pre-cópula. Muchas de ellas exhiben señales de específica adaptabilidad y, por tanto, pueden ser frecuentemente responsables de la separación reproductiva y especiación simpátrica-parapátrica en cavernícolas. BUSH (1994) agrega la opinión de que, en subpoblaciones que se están adaptando a diferentes habitats, la deriva de habitat en respuesta a selección divergente puede ser improvisada de este modo, y la adquisición de diferencias genéticas puede ser comandada por factores ligados a la preferencia de habitat o a cualesquiera otros que incrementen

la eficiencia en el nuevo ambiente. A través de modelos teóricos y simulaciones de computador Bush demuestra la existencia de una respuesta correlacionada entre selección de habitat y mecanismos pre-cópula de aislamiento en simpatria. Estos modelos indican que la formación de razas y especies simpátricas puede ocurrir cuando los individuos con fuerte dependencia de habitat y específicos comportamientos de cópula experimentan superior fitness sobre los genotipos de menor o intermedia fitness, en el nuevo habitat. Tal conclusión, que es válida para la especiación simpátrica en general, es particularmente aplicable a cavernícolas, ya que la deriva de habitat y la adaptación al medio hipógeo se desarrollan bajo fuerzas ambientales selectivas particularmente fuertes, tal como ha sido comentado al describir la adversidad del medio y las condiciones de alto stress que frecuentemente se presentan en el ambiente profundo de las cuevas.

Un aspecto adicional sobre la factibilidad y predominio del desarrollo de barreras reproductivas de cara al flujo de genes es aportado -inversamente- por la dificultad de concebir una explicación general en términos alopatricos. Las inferencias basadas en presumir la existencia de un pasado evento vicariante, que pudo no haber ocurrido nunca, deberían ser examinadas críticamente. Además, ya ha sido comentado que la existencia de claros ejemplos de vicarianza en cavernícolas no constituye materia probatoria para sustentar el modelo alopatrico, ya que podrían ser eventos post-especiación. Los casos en los que realmente existe evidencia paleogeográfica consistente con el momento de especiación son muy escasos y siempre tienen el carácter de hechos inferidos pero no probados.

Concebida la evolución de los organismos cavernícolas como un proceso multietapas, es lógico suponer que a lo largo de su desarrollo histórico pueden haber ocurrido varios eventos de especiación y -si existe evidencia- pueden también estar intercalados eventos vicariantes. El proceso global es progresivo, y su etapa final es el acentuado troglomorfo existente entre los cavernícolas, en los más diversos grupos zoológicos. El inicio del proceso puede tener muy diversa antigüedad, variable en cada caso; mientras que la relictualidad como resultado es muy frecuente en las zonas templadas y más bien rara en la zona tropical.

Recientemente ha sido propuesta una hipótesis estrictamente alopatrica que postula que las fluctuaciones paleoclimáticas en los trópicos serían responsables de la especiación y evolución de los cavernícolas tropicales (TRAJANO, 1995). Aparte de los numerosos supuestos que contiene el modelo, previamente ha sido discutido con ejemplos de fauna cavernícola de Brasil y Venezuela la inconsistencia de las predicciones derivadas del mismo (GALÁN, 1995; 1996).

Durante el Pleistoceno hay evidencias de la ocurrencia de fluctuaciones paleoclimáticas en los trópicos y en particular en el norte de Sudamérica y el Caribe; ésta ha sido revisada por SCHUBERT (1988), quien indica una escasa oscilación térmica en las zonas bajas tropicales (2-3°C) y descensos en la cantidad de lluvia del orden de 700 mm o más en algunas zonas, generando una alternancia irregular de condiciones

áridas y húmedas, no sincrónicas. Es decir, mientras en algunas localidades hay períodos de aridez, simultáneamente hubo climas más húmedos en otras localidades. Las fluctuaciones asociadas al glacialismo Cuaternario en los trópicos fueron complejas en sus detalles y a menudo faltan dataciones adecuadas de los eventos registrados, por lo que no se trata de una simple alternancia de fases secas y húmedas, glaciares e interglaciares. Por otra parte, la teoría de los "refugios" en Sudamérica, propuesta inicialmente por HAFFER (1970, 1974) para explicar en términos de especiación alopatrica la distribución de algunos grupos de aves, se ha mostrado inconsistente y especulativa, ya que ha sido derrumbada con ejemplos de otros grupos zoológicos, particularmente herpetofauna (un grupo con mayor sensibilidad ecológica y mayores restricciones para sus desplazamientos) (Ver p.ej. GORZULA, 1992; DUELLMAN & HOOGMOED, 1992). Hoy es claro que muchas zonas postuladas o no como refugios experimentaron fluctuaciones (RULL, 1991), pero la información disponible es puntual y difícilmente correlacionable, a la vez que ninguna de las clasificaciones sucesivamente propuestas ha podido dar cuenta simultáneamente de las distribuciones faunísticas encontradas.

La aplicación de la teoría de los refugios de Haffer y la presunción de que la especiación sólo puede proceder en cavernícolas alopatricamente están implícitas en el modelo de TRAJANO (1995). En nuestra opinión, las variaciones de humedad en zonas tropicales sí debieron producir diversos cambios (moderados) en la vegetación y el régimen hidrológico, lo que puede haber producido cambios graduales en el aporte de nutrientes al medio hipógeo, generando durante las fases secas condiciones oligotróficas más acentuadas (tróficamente más adversas) que las existentes en la actualidad, en algunos casos. Bajo condiciones más fluctuantes y oligotróficas en las cuevas, las presiones de selección serían más fuertes, y pueden haber propiciado mayores grados de troglomorfo en las poblaciones cavernícolas. La especiación de los cavernícolas fundamentalmente debe haber ocurrido por modos no-alopáticos, pero sin descartar la alopatría en particulares ocasiones. Por ejemplo, el avance de la karstificación en un macizo puede producir eventos rápidos de aislamiento, tanto para la fauna acuática (captura de ríos, hundimiento del drenaje) como para la terrestre (colapso de galerías, colmatación local por espeleotemas o sedimentos), pudiendo generar el aislamiento de poblaciones locales ya adaptadas al ambiente hipógeo. La fragmentación del habitat puede entonces permitir la evolución filética, acentuando la divergencia en alopatría, pero nótese que no necesariamente implica especiación. Lo que desde luego no parece factible (ni existe evidencia) es de que las fluctuaciones climáticas hayan comandado la especiación y evolución de los cavernícolas tropicales, ni que éstas se hayan producido pasivamente.

Un aspecto clave también en hipótesis y modelos estrictamente alopatricos es que la evolución cavernícola es concebida y conceptualizada de manera simple, en dos fases: en la primera, una población epigea extiende su distribución

colonizando las cuevas; así genera una población genéticamente continua, troglófila, porque en parte habita en cuevas y en parte en superficie. En la segunda, un evento vicariante (formación de una barrera geográfica), como p.ej. período seco en superficie, aísla la parte hipógea de la población de la porción epígea; esta fragmentación interrumpe instantáneamente el flujo de genes entre las dos partes y es sinónimo de especiación (ya que en el modelo alopatrico éste es el único modo posible de especiación). La parte hipógea se transforma en troglobia (exclusiva de las cuevas), mientras que la parte epígea prosigue su divergencia como epígea. Si posteriormente la barrera geográfica es eliminada (p.ej. un nuevo período húmedo), la población epígea se extiende de nuevo hasta estar en contacto con la hipógea, pero como ambas han divergido genéticamente aisladas, han acumulado diferencias genéticas que hacen imposible la interreproducción: se han formado dos especies donde antes sólo había una. Así pues, en la evolución cavernícola según el modelo alopatrico sólo habría dos fases: la colonización de las cuevas (origen de los troglófilos) y el aislamiento alopatrico y especiación (origen de los troglobios). Los conceptos utilizados son simples y lógicos; y los alopatristas rechazarán toda crítica argumentando que ésta es la explicación más parsimoniosa. Sin embargo, no deja de ser una construcción teórica, y quizás una sobresimplificación. Las predicciones que pueden derivarse del modelo tampoco lo hacen más demostrable, dado que las predicciones de modelos alternativos (no-alopatricos) incluyen la posibilidad de ocurrencia de eventos vicariantes, por un lado, y por otro, la divergencia y especiación en simpatria producen el mismo resultado. Por lo cual, un simple análisis del resultado no permite confirmar o rechazar ninguno de los modelos. Es en este preciso sentido que la formulación de este tipo de modelos debe ser críticamente examinada.

La creciente información aportada por estudios sobre procesos de especiación no-alopatricos (KONDRASHOV & MINA, 1986; WILSON, 1989; TAUBER & TAUBER, 1989; GALIANA *et al.*, 1993; BUSH, 1994; entre otros) y sobre la adaptación y evolución de cavernícolas (HÜPPOP, 1986; DANIELOPOL & ROUCH, 1991; KANE & CULVER, 1991; MATHIEU & TURQUIN, 1992; HOWARTH, 1986, 1993; GALÁN, 1993, 1995; entre otros), suministran suficiente evidencia para concebir procesos más reales y complejos, entre los cuales están presentes la deriva de habitat, la adaptación a los ambientes subterráneos y la especiación con flujo de genes; estando la evolución troglomorfa comandada por una activa colonización de los organismos. El troglomorfismo resultante se revela como un proceso convergente y paralelo, influido por selección natural y estrechamente dependiente de las severas condiciones ecológicas en el ambiente profundo de las cuevas.

#### 4. El sistema Schiner-Racovitza re-definido

La clasificación ecológica de los organismos cavernícolas requiere, en primer lugar, considerar el ecosistema hipógeo como un sistema abierto, en continuidad física con otros ambientes transicionales y, en segundo lugar, con una

zonación progresiva entre la superficie y la región subterránea más profundamente incluida en la roca-caja y en el subsuelo. Los sistemas de cavernas (el karst típico en rocas solubles y las cavernas en otras litologías) constituyen la región más profunda de la corteza terrestre con sistemas de vacíos habitables por seres vivos. También existen vacíos intergranulares en sedimentos inconsolidados (que pueden llegar a tener gran espesor), pero éstos suprayacen geomorfológicamente a los terrenos de roca compacta.

La zonación más sencilla de las cavernas comprende tres ambientes: el ambiente superficial (zona de entrada y zona transicional), el ambiente intermedio (zona aireada) y el ambiente profundo ("deep cave" o zona de aire en calma). Algunos medios transicionales (como MSS, crevicular-edáfico, e intersticial hyporheico) pueden desempeñar -para algunos organismos- un papel ecológico equivalente al del ambiente intermedio; mientras que otros medios transicionales (edáficos, creviculares muy superficiales, biotopos crípticos húmedos y oscuros epígeos) pueden jugar un papel similar al del ambiente superficial.

Considerando esta zonación, las tres categorías clásicas del sistema Schiner-Racovitza pueden ser redefinidas del siguiente modo.

1. **Troglobios.** Especies que completan su ciclo de vida y están adaptados al ambiente profundo de las cuevas. Algunas especies en algunas ocasiones pueden también habitar en medios transicionales (como MSS, intersticial o ambiente intermedio). Morfológicamente pueden ser reconocidos por presentar un alto grado de troglomorfismo, significativamente mayor que el de otros miembros no-troglobios de sus respectivos grupos taxonómicos. Por ello requieren una adecuada comparación de caracteres con sus más próximos relativos.

2. **Troglófilos.** Especies que completan su ciclo de vida y están adaptados al ambiente intermedio de las cuevas, pero también pueden frecuentar habitats transicionales próximos (como la zona de entrada y ambientes crípticos epígeos). Eventualmente pueden ingresar al ambiente profundo, pero normalmente no completan su ciclo de vida en él. Pueden ser reconocidos por presentar menores modificaciones anatómicas; su grado de troglomorfismo es menor que el de los troglobios (muchos son microftalmos, ligeramente depigmentados y de morfología robusta, mientras que los troglobios de sus grupos son anoftalmos, depigmentados y muy estilizados), pero mayor que el de sus epígeos relativos. En ocasiones mantienen poblaciones hipógeas y epígeas, pero pueden también estar restringidos al medio hipógeo. Con frecuencia, existen poblaciones hipógeas de la especie en unas regiones, mientras que en otras son conocidas poblaciones epígeas en habitats crípticos o transicionales.

3. **Troglóxenos.** Frecuentan las cuevas y generalmente sólo completan en ellas una parte de su ciclo de vida. Normalmente habitan en el ambiente superficial, pero pueden también ingresar en el intermedio (de modo temporal o cíclico). Suelen habitar también en biotopos epígeos húmedos y oscuros (abrigos y grutas superficiales, bloques de roca y lugares sombríos, troncos huecos de árboles, edificaciones en ruinas, etc.). No presentan troglomorfismo, pero en algunos

grupos zoológicos están dotados de mecanismos de orientación para desenvolverse en oscuridad (ecolocalización en quirópteros y guácharos, órganos táctiles y químicos en arácnidos, quilópodos y peces, etc.). Algunos grupos pueden mantener poblaciones en el ambiente superficial de las cuevas de modo regular, si el alimento es suficiente. Esta categoría incluye también muchas formas accidentales, de los más diversos grupos zoológicos.

Las grandes colonias de vertebrados troglóxenos (quirópteros, vencejos y guácharos) pueden dar origen a ingentes depósitos de guano. Los cavernícolas troglófilos y troglobios pueden en parte beneficiarse de esta situación, bien sea aprovechando directamente detritos orgánicos o bien predando sobre la fauna que habita en los mismos. Pero estos depósitos, en general, lo que hacen es crear (en este caso dentro de las cuevas) una biocenosis adicional. La fauna cuyo ciclo de vida depende del guano es denominada "guanobia", y dado que su habitat es el guano y no la caverna, no puede ser considerada propiamente cavernícola (ya que el guano puede ser depositado en cuevas o en otros medios). Algunos habitantes del guano, lo mismo que parásitos, presentan reducciones estructurales y depigmentación, pero estos caracteres no pueden ser considerados troglomorfismos. Aunque han sido propuestas clasificaciones en relación a la fauna del guano y las cavernas, las mismas carecen de sentido, ya que confunden dos medios distintos; lo mismo es aplicable a endo y ecto-parásitos. La esgrimida capacidad de algunos guanobios para desenvolverse en el habitat subterráneo sólo hace referencia a una parte de su ciclo de vida (generalmente sin alimentación) y la capacidad de colonizar nuevos depósitos de guano normalmente depende de foresis (transporte de adultos o alguna fase larvaria de guanobios o parásitos por su hospedador o generador de alimento); pero es obvio que una población guanobia nunca está adaptada a las cavernas, ya que no puede vivir en ellas si el guano falta, por lo que su presencia debe ser considerada condicionada o accidental, aunque en algunos casos pueda mantener cierta duración en el tiempo.

El uso del sistema Schiner-Racovitza implica algunas restricciones:

(1) El término "troglomorfo" debe aplicarse a un conjunto de caracteres (anatómicos, fisiológicos y comportamentales) tras adecuada comparación con formas epigeas o transicionales del mismo grupo zoológico, y no a caracteres aislados como la depigmentación o anofthalmia.

(2) El término "troglobio", o "stygobio" para los acuáticos, debe restringirse a cavernícolas. En ocasiones algunos troglobios pueden presentarse o habitar en otros habitats transicionales, pero no debe aplicarse el término al conjunto de la fauna de esos medios (como p.ej. a todos los habitantes del MSS o del intersticial), ya que se trata de ecosistemas o habitats distintos. Para evitar confusiones es preferible referir a un organismo según el habitat en que ha sido hallado, como p.ej. "stygobio" sólo, "stygobio-intersticial", o "intersticial" sólo; lo mismo puede hacerse para "troglobio" sólo, "troglobio-MSS", o "MSS" sólo.

Con un criterio como el expuesto se evita la confusión y se eliminan los agrupamientos absurdos. Valga como ejemplo

el ostrácodo *Danielocandona lieshoutae* o diversos hydrachnellos, del intersticial de aluviones de regiones sin afloramientos kársticos, los cuales son incluidos en la "Encyclopaedia Biospeologica" entre la fauna cavernícola de Venezuela. Existen diversos ejemplos de este tipo y, en nuestra opinión, carecen de sentido, ya que con ese criterio podría incluirse a toda la fauna intersticial y edáfica. Ello sólo prueba que los representantes de ese grupo zoológico poseen el potencial biológico para colonizar y diferenciar especies en una serie de habitats (no sólo cavernas).

(3) La clasificación ecológica de los cavernícolas y el concepto de especie y de modos de especiación entre los cavernícolas, tiene también algunas implicaciones taxonómicas, a las que a continuación haremos referencia.

Una acepción del concepto evolutivo de especie considera que cada especie existe como tal durante el intervalo de tiempo entre dos eventos de especiación, por lo que -a diferencia del concepto biológico de especie- no otorga importancia a la diferenciación morfológica para su definición. Existe una marcada tendencia entre los adherentes al modelo alopátrico de considerar a las especies según esta acepción. Como en su visión cada evento de formación de una especie troglobia se da por aislamiento alopátrico e implica especiación, los troglobios de separados sistemas de cuevas son considerados especies (evolutivas) distintas, ya que cada evento de especiación es un evento evolutivo único. Así, cuando sobre una base taxonómica se encuentra la misma especie en distintas localidades, los alopatriotas considerarán que se trata de especies distintas (aunque morfológicamente sean indistinguibles) y no de distintas poblaciones de una única especie. Si el mismo criterio es aplicado no ya a aislados sistemas de cuevas, sino a la distribución discontinua de cualquier organismo, los partidarios de la citada acepción del concepto evolutivo verán a cada segregado como una especie distinta, es decir, adaptarán la realidad a su concepto teórico. Los taxónomos no podrán distinguir tal multiplicación de "especies evolutivas", y la existencia de poblaciones, razas y subespecies de una única especie -según el concepto biológico de especie- carecerá de valor para los primeros. Esta utilización del concepto evolutivo de especie ha sido cuestionada por los biólogos y taxónomos que trabajan en la práctica con organismos concretos, ya que si las especies no son entidades taxonómicamente distinguibles, todo intento de clasificación resulta inútil. En realidad, en la Naturaleza existen individuos, poblaciones, razas y subespecies, es decir, diferencias por debajo del nivel específico, porque la variación (aunque existe en y entre especies) no es una gama continua, y es precisamente la función de la sistemática y de la taxonomía el distinguir tales discontinuidades y el poner unos límites -si se quiere arbitrarios- para clasificar a los organismos.

En el caso de los cavernícolas, lo que a menudo ocurre en la práctica es el hallazgo de cierto número de individuos de una especie troglobia en diversas cuevas. Si estas cuevas forman sistemas aislados unos de otros, para los que trabajan con el concepto biológico de especie serán distintas poblaciones de una única especie troglobia y ello no plantea dificultades. Aunque se entiende que entre las poblaciones

separadas no hay actualmente interreproducción, también se considera que la divergencia entre tales poblaciones no ha crecido hasta el punto de hacerlas genética y morfológicamente diferentes, por lo que son tratadas como una simple especie. Si la segregación espacial desapareciera, y las poblaciones entraran en contacto, se tendría la ocasión de testar si algo impide la interreproducción, y en tal caso se podría hablar de especiación (es el caso de las "sibling" especies o especies gemelas, que es posible distinguir por el *handeado* cromosómico u otras técnicas especiales no utilizadas ordinariamente en taxonomía); pero si el test no es posible, no hay por qué suponer especiación en tanto ésta no se traduzca en diferencias discernibles.

Para los alopatrias se plantean algunas dificultades. Si se reconoce que son poblaciones distintas de una especie, rápidamente tendrán que decir que ésta no es troglobia, ya que la unidad de la especie -en su concepción- sólo puede ser mantenida por el flujo de genes y ello implica que las poblaciones de diferentes sistemas de cuevas están conectadas a través de poblaciones epígeas "ocultas", que hasta el momento no han sido descubiertas, y que la existencia de tales poblaciones epígeas hacen que la especie, por definición, sea una forma troglófila (y no troglobia). Como alternativa, si no se hace la suposición anterior, los alopatrias verán a cada población como una especie distinta, pero morfológicamente indistinguible, y por lo tanto indescribible. Al no poderse describir taxonómicamente tales supuestas especies, el recurso más frecuentemente utilizado es referirse a ellas como sp-1, sp-2, sp-3, etc., como frecuente y crecientemente se aprecia en algunos trabajos publicados. Simultánea o alternativamente se afirma que cuando tales especies, aparentemente iguales, se estudien más detalladamente, se encontrará diferencias entre ellas; lo que no deja de ser una suposición. El normal proceder en biología es precisamente el encontrar las diferencias y, si las hay, describir taxonómicamente las especies. Por ello, no creemos válido el suponer diferencias cuando no han sido reconocidas ni descritas, ya que ésto no es más que invertir los términos para forzar la realidad y tratar de ajustarla en un marco teórico que, en última instancia, no es más que una hipótesis no demostrada.

## CONCLUSIONES

La información obtenida sobre cavernícolas tropicales hace emerger una nueva visión sobre la adaptación y evolución de la fauna cavernícola. La visión clásica, basada en ejemplos de zonas templadas, condujo a la concepción de las cavernas como "refugios pasivos" y a la teoría ortogenética de VANDEL (1965). Varias piezas encajaban en esa visión: la ausencia de troglobios en los trópicos, los efectos del glaciario y la escasez de recursos tróficos en cuevas templadas, el carácter relicto de los troglobios templados, y las ideas predominantes del modelo alopátrico de especiación.

La visión clásica fue cambiando y derrumbándose ante la nueva evidencia. Varios puntos quedaron firmemente establecidos: la existencia de troglobios en los trópicos, en

cuevas de diversa litología y en medios transicionales; la existencia de formas troglomorfas tanto relictas como no-relictas en cuevas tropicales con variables cantidades de recursos tróficos; la escasa antigüedad del habitat en algunos casos (sobre todo cuevas lávicas y cuevas anchihalinas), la cual probaba que la evolución troglomorfa podía desarrollarse en poco tiempo; la inexistencia de grandes cambios climáticos en los trópicos, lo cual probaba que ésta no era la fuerza conductora del proceso y que la adaptación de los organismos a las cuevas ocurría activamente. Se polemizó sobre el valor adaptativo (o no) de los caracteres troglomorfos (tanto constructivos como regresivos) y surgieron múltiples hipótesis para tratar de explicar cómo podía proceder la evolución cavernícola y qué podía causar el troglomorfismo en las más diversas regiones y grupos zoológicos. Pero dos ideas -subyacentes- seguían tiñendo la interpretación y confundiendo los hechos: la idea del habitat hipógeo como entidad única y la idea alopátrica de que era necesario el aislamiento por barreras geográficas para permitir la divergencia y producir la especiación y posterior evolución troglobia.

En el presente trabajo hemos indicado que la evolución de los cavernícolas no es distinta a la que opera de modo general en la naturaleza. Los organismos colonizan los ambientes disponibles, pudiendo adaptarse a ellos, y en la medida en que lo hacen van siendo modificados por las fuerzas selectivas del ambiente. La investigación moderna en el campo evolutivo ha establecido que los modos de especiación simpátrico y parapátrico no sólo son posibles, sino que están ampliamente extendidos en la naturaleza, particularmente entre los invertebrados, que son los grupos de organismos más numerosos en especies. Existen suficientes recursos genéticos en las especies para explicar el Efecto Wallace, la especialización creciente por selección de habitat, y la deriva adaptativa *sensu* BUSH (1975) y HOWARTH (1986). La especiación en cavernícolas puede lograrse fácilmente como corolario de selección divergente durante el proceso de adaptación de una población al habitat hipógeo. A través de mecanismos intrínsecos de aislamiento pre-cópula puede completarse la especiación de cara al flujo de genes. Así, no son necesarios grandes cambios climáticos, regresiones marinas, o extinciones de poblaciones epígeas, para permitir la especiación y evolución troglobias.

Hemos indicado que en la entera historia evolutiva de un linaje pueden ocurrir varios episodios de especiación, a la vez que pueden estar intercalados eventos vicariantes. La investigación bioespeleológica ha probado que la especiación simpátrica también puede actuar en la diferenciación troglófila de su ancestral epígeo. Una gran cantidad de variación y cambio adaptativo se puede producir antes de la especiación, y puede proseguir luego como evolución filética, por lo que el cambio no se restringe sólo al momento en que la especiación ocurre. También ha sido demostrado que la especialización troglófila no es necesariamente una fase intermedia de la evolución troglobia; puede ser un proceso propio, distinto a la especialización troglobia. Tanto los troglófilos como los troglobios son formas adaptadas a la vida en las cavernas, sólo que tienen distintas estrategias de vida



y están adaptados a diferentes condiciones y a distintos biotopos. Esta apreciación nos ha llevado a cuestionar la unidad del habitat hipógeo como entidad única. Es posible y conveniente establecer una distinción entre diferentes ambientes en el habitat hipógeo, ya que las cavernas muestran una fuerte zonación. Y también debe establecerse diferencias entre el habitat hipógeo cavernícola y otros habitats transicionales (como MSS, edáfico, crevicular e intersticial).

De modo simple hemos postulado y definido tres ambientes en las cavernas, de adversidad creciente a medida que se profundiza; en cada uno de ellos predomina un tipo de organismos cavernícolas: los troglóxenos en el ambiente superficial, los troglófilos en el intermedio, y los troglobios en el ambiente profundo. Nuestras propias observaciones sobre un gran número de cavidades en diversos países y litologías son consistentes con esta visión; particularmente, la mayor abundancia de troglófilos en los trópicos es coincidente con la mayor extensión del ambiente intermedio y con una gran riqueza de recursos tróficos en este último. Invariablemente los troglobios terrestres son hallados en el ambiente profundo, que generalmente es oligotrófico. Para los troglobios acuáticos carece de sentido la zonación anterior pero, en muchas ocasiones, el papel ecológico del ambiente intermedio es desempeñado por habitats transicionales.

Lo peculiar del ambiente profundo de las cuevas ("deep cave" ambiente) es que ocupa una posición extrema: es el ambiente más profundamente incluido en el subsuelo de la corteza terrestre y por tanto está muy alejado de las fuentes de producción primaria de superficie. Su paralelo en el mar lo constituye el habitat abisal de las grandes profundidades marinas. Por su carácter de habitat extremo, la severidad de las condiciones ambientales es máxima. El elevado grado de troglomorfismo de los seres que habitan en el ambiente profundo probablemente tenga su más sencilla explicación en las similares y fuertes presiones selectivas que reinan en este habitat extenso y adverso, y relativamente homogéneo sin importar la latitud.

Dado que son muy diversos los grupos zoológicos que colonizan las cuevas, que esta activa invasión ha ocurrido en distintas épocas (y sigue ocurriendo actualmente), y que están involucradas variables condiciones locales (abióticas y bióticas), es imposible llegar a una generalización válida para dar cuenta de todos los casos y situaciones presentadas por los cavernícolas. Los estudios locales sobre casos específicos seguirán aportando nueva luz sobre los múltiples factores involucrados. Pero, es posible reconocer unas grandes líneas o tendencias generales.

A lo largo de la zonación propuesta se incrementa la escasez de recursos y la estabilidad climática. En el ambiente profundo las condiciones adversas alcanzan valores máximos: perpetua oscuridad y elevada humedad relativa, altas concentraciones de dióxido de carbono y otros gases, alta radioactividad natural, limitaciones al desplazamiento en una red espacial laberíntica, condiciones ecológicas severas, con fuerte variabilidad en el suministro de nutrientes y escasez periódica de los mismos. Todo ello determina unas condiciones de alto stress para los organismos y, por tanto, un gran potencial para el cambio.

El troglomorfismo (variable de un grupo zoológico a otro) es una cuestión de grados. El más alto grado de modificación troglomorfa está asociado a las más severas condiciones del ambiente profundo, pero nótese que tales condiciones pueden mostrar una amplia gama de variabilidad (espacial y temporal, a lo largo de la historia geomorfológica de una región), por lo que no es posible hacer una generalización simple.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la redefinición de las categorías clásicas del sistema Schiner-Racovitza no se basa en términos de si los organismos completan o no su ciclo de vida en las cuevas, sino en qué ambiente y de qué modo lo hacen. Por tanto, no se establece que sea en base a una exclusividad absoluta o estrecha restricción a un biotopo, sino de un modo más amplio, admitiendo que no hay límites estrictos sino gradientes. Los cavernícolas pueden completar su ciclo vital en un biotopo y habitar preferentemente en él, pero también algunos pueden utilizar temporalmente biotopos próximos o transicionales, si las condiciones son adecuadas. El troglomorfismo resultante está en relación con la adversidad del medio y con el potencial interno del organismo. Hemos evitado polemizar sobre el factor "tiempo de residencia en las cuevas" ya que, aunque es probable que con más tiempo se acumule un grado mayor de modificaciones, también es posible que intervengan procesos rápidos de modificación, como en casos de recombinación genética, paedomorfosis o neotenia, los cuales a menudo están pleiotrópicamente relacionados y morfogenéticamente integrados. Por otro lado, también interviene el grado de preadaptación alcanzado por las formas ancestrales. Adicionalmente, dado que la reducida tasa metabólica y la adopción de una estrategia de la A parecen mostrar una estrecha correlación con condiciones oligotróficas, y dado que este factor puede variar espacial y temporalmente, es difícil inferir las velocidades a las que operan los procesos y, por consiguiente, el tiempo involucrado en alcanzar un alto grado de troglomorfismo. En todo caso, ejemplos de cavernícolas tropicales y cavernícolas en jóvenes cuevas lávicas prueban que las modificaciones pueden ser rápidas.

El sistema Schiner-Racovitza redefinido es consistente con las observaciones y datos actuales. El troglomorfismo, en distintos grados, se correlaciona con las características de los distintos ambientes cavernícolas. Su reconocimiento morfológico (tras adecuada comparación con sus relativos epigeos) es una indicación sustancial de la progresiva adaptación y especialización de los organismos de un linaje que activamente han colonizado un habitat extremo.

A lo largo del texto ha sido señalada la inadecuación de algunos conceptos y la inexactitud o inestabilidad de diversas hipótesis. Así mismo han sido indicadas las limitaciones de la visión estrictamente alopatrica. Todos estos aspectos han introducido confusión y "ruido" en la interpretación de los hechos. La evolución de los cavernícolas, adecuadamente re-examinada (con una visión amplia), se presenta como un proceso normal, caracterizado por la progresiva adaptación de los seres vivos a un habitat de adversidad creciente. Su valor extremo es alcanzado en el ambiente profundo de las cuevas.

## BIBLIOGRAFIA

- AHLSTRAND G. 1980. Alpha radiation levels in two caves related to external air temperature and atmospheric pressure. *NSS Bull.*, 42: 39-41.
- ALLEGRUCCI G., C. CACCONE; D. CESARONI; M. SBORDONI; E. MATTAEIS & V. SBORDONI. 1982. Natural and experimental interspecific hybridization between populations of Dolichopoda cave crickets. *Experientia*, 38: 96-98.
- ANDRIANI L. 1990. Estudio comparativo de dos poblaciones, una hipógea y otra epígea, de *Trichomycterus* sp. (Siluriformes, Trichomycteridae) (incluye un análisis de sus dietas). *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 24: 7-14.
- AULER A. 1995. Evidências de dissolução por ácido sulfúrico na espeleogenese no Grupo Una, Bahía. *Anais de 8º Simpósio de Geologia de Minas Gerais - SBG Núcleo MG*, Bol.13: 93-94.
- BARR T. 1968. Cave ecology and the evolution of troglóbites. *Evolutionary Biology*, 2: 35-102.
- BARTON N. & B. CHARLESWORTH. 1984. Genetic revolutions, founder effects, and speciation. *Annu. Rev. Ecol. System.*, 15: 133-164.
- BESHARSHE J. & J. HOLSINGER. 1977. *Gyrinophilus subterraneus*, a new troglóbite salamander from Southern West Virginia. *Copeia*: 624-634.
- BLACKMAN R. 1981. Species, sex and parthenogenesis in aphids. En GREENWOOD, P. (Ed.). *The Evolving Biosphere. British Mus. Nat. Hist.*, Cambridge Univ. Press. p. 75-85.
- BLAIR W. 1964. Isolating mechanisms and interspecies interactions in anuran amphibians. *Quarterly Review of Biology*, 39: 334-344.
- BOTOSANEANU L. & J. HOLSINGER. 1991. Some aspects concerning colonization of the subterranean realm - especially subterranean waters: a response to Rouch & Danielopol, 1987. *Stygologia*, 6: 11-39.
- BOUTIN C. & N. COINEAU. 1990. Regression model, modèle biphasé d'évolution et origine des micro-organismes stygobies interstitiels continentaux. *Rev. Micropaléont.*, 33: 303-322.
- BRANDON, R. 1971. North American troglóbite salamanders: some aspects of modification in cave habitats, with special reference to *Gyrinophilus palleucus*. *NSS Bull.*, 33: 1-22.
- BUSH G. 1975. Modes of animal speciation. *Annu. Rev. Ecol. System.*, 6: 339-364.
- 1994. Sympatric speciation in animals: new wine in old bottles. *Trends in Ecology & Evolution*, 9(8): 285-288.
- & D. J. HOWARD. 1986. Allopatric and non-allopatric speciation; assumptions and evidence. En KARIN & NEVO (Eds.). *Evolutionary Processes and Theory*. Academic Press, Orlando, Fl., p. 411-438.
- CARROLL S. P. & C. BOYD. 1992. Host race radiation in the soap berry bug- Natural-History with the history. *Evolution*, 46(4): 1052-1064.
- CHAPMAN Ph. 1985. Some biological results of the British New Guinea Speleological Expedition, 1975. *Cave Science*, 12: 45-48.
- 1986. Non-relictual cavernicolous invertebrates in tropical Asian and Australasian Caves. *Com. 9º Congr. Internac. Espeleol.*, Barcelona, 9: 155-158.
- CHRISTIANSEN K. 1961. Convergence and paralelism in cave Entomobryinae. *Evolution*, 15: 281-301.
- 1962. Proposition pour la classification des animaux cavernicoles. *Spelunca*, 2: 76-78.
- 1985. Regressive evolution in Collembola. *NSS Bull.*, 47: 89-100.
- & D. CULVER. 1987. Biogeography and distribution of cave Collembola. *Jour. Biogeograph.*, 14: 459-477.
- & T. Moberg. 1988. *Pseudosinella* revisited. *Int. Jour. Speleol.*, 17: 1-20.
- COIFFAIT H. 1959. Contribution á la connaissance des Coléoptères du sol. *Vie et Milieu*, Suppl. 7.
- CULVER D. 1982. *Cave life. Evolution and ecology*. Harvard Univ. Press. Cambridge. 190 pp.
- 1987. The role of gradualism and punctuation in cave adaptation. *Inter. Jour. Speleol.*, 16: 17-31.
- , T. KANE; D. FONG; R. JONES; M. TAYLOR & S. SAUERISEN. 1990. Morphology of cave organisms - it is adaptive? *Mém. Biospéol.*, 17: 13-26.
- CVETKOV L. & L. ANGELOV, 1980. Formation, essence and problems of stygobiology. *Hydrobiology*, 11: 141-179.
- DANIELOPOL D. & G. BONADUCE. 1990. The colonization of subsurface habitats by Loxoconchidae Sars and Psammocytheridae Klie. Ostracoda and Global events, *10th Int. Symp. Ostracoda*, 1-22.
- & R. ROUCH. 1991. L'adaptation des organismes au milieu aquatique souterrain. Réflexions sur l'apport de recherches écologiques récentes. *Stygologia*, 6(3): 129-142.
- DAVIS G. 1982. Historical and ecological factors in the evolution, adaptive radiation, and biogeography of freshwater mollusks. *Am. Zool.*, 22: 375-395.
- DECÚ V., C. BORDÓN & O. LINARES. 1987. *Fauna hipógea y hemiedáfica de Venezuela y de otros países de América del Sur*. Inst. Spel. E. Racovitza & Soc. Venezolana Espeleol., Bucarest, 219 pp.
- DELAMARE-DEBOUTTEVILLE C. 1960. *Biologie des eaux souterraines littorales et continentales*. Hermann Ed., Paris, 740 pp.
- DICKINSON H. & J. ANTONOVICS. 1973. Theoretical considerations of sympatric divergence. *American Naturalist*, 107: 256-274.
- DIEHL S. & G. BUSH. 1989. The role of habitat preference in adaptation and speciation. En OTTE & ENDLER (Eds.). *Speciation and its consequences*. Sinauer Assoc. Inc. Publish., p. 345-365.
- DOBZHANSKY Th. 1951. *Genetics and the origin of species*. Columbia Univ. Press. New York. 364 pp.
- 1970. *Genetics of the evolutionary process*. Columbia Univ. Press. New York. 505 pp.
- 1972. Species of *Drosophila*. New excitement in an old field. *Science*, 117: 664-669.
- DUELLMAN W. & M. HOOGMOED, 1992. Some hylid frogs from the Guiana Highlands, northeastern South America: new species, distributional records, and a generic reallocation. *Occas. Pap. Mus. Nat. Hist. Univ. Kansas*, 147: 1-21.
- ECHELLE A. & I. KORNFIELD. 1984. *Evolution of Fish Species Flocks*. University of Maine at Orono Press.
- EHRlich P. & R. HOLM. 1963. *The process of evolution*. McGraw-Hill. New York. 347 pp.
- EMBERSON R. & B. MOORE. 1982. An annotated list of the Carabidae (Coleoptera) recorded from caves in New Guinea. *Aust. Entomol. Mag.*, 8: 89-91.
- ENDLER J. 1974. Gene flow and population differentiation. *Science*, 179: 243-250.
- 1977. *Geographic variation, speciation, and clines*. Princeton Univ. Press. Princeton. 246 pp.
- 1989. Conceptual and other problems in speciation. En OTTE & ENDLER (Eds.). *Speciation and its consequences*. Sinauer Assoc. Inc. Publish., p. 625-648.
- FEDER J., C. CHILCOTE & G. BUSH. 1988. Genetic differentiation between sympatric host races of the apple maggot fly *Rhagoletis pomonella*. *Nature*, 336: 61-64.
- FISCHER E. 1959. Wyniki analizy bakteriologicznej drobnych zbiornikow wodnych grotu Zimnej i Krasprowej. *Speleologia*, 3: 1-30.
- FONG D. 1988. Morphological evolution of the amphipod *Gammarus minus* in caves: quantitative genetic analysis. *Am.*

- Midl. Nat.*, 121: 361-378.
- GADOROS M. 1986. Cave radioactivity - theory and data. *Proc. 9<sup>o</sup> Congr. Internat. Speleol.*, Barcelona, 2: 88-90.
- GADOROS M. 1989. On the ionization of cave air. *Proc. 10<sup>o</sup> Congr. Internat. Speleol.*, Budapest, 3: 776-777.
- GALÁN C. 1982. Notas sobre una anguila blanca (*Synbranchus marmoratus*) colectada en un río subterráneo del NE de Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 10(19): 129-131.
- 1986. Cavidades de la República Argentina: Un resumen. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 22: 21-29.
- 1991a. El karst de la Fila de las Cuevas (zona kárstica de Mata de Mango, Estado Monagas, Venezuela). *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 25: 13-24.
- 1991b. Disolución y génesis del karst en rocas silíceas y rocas carbonáticas: un estudio comparado. *Munibe (Cienc. Nat.)*, S.C.Aranzadi, 43: 43-72.
- 1993. Fauna hipógea de Gipuzkoa: su ecología, biogeografía y evolución. *Munibe (Cienc. Nat.)*, S.C.Aranzadi, 45: 1-163.
- 1995. Fauna troglóbica de Venezuela: sinopsis, biología, ambiente, distribución y evolución. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 29: 2-38.
- 1996. Notas sobre la fauna cavernícola del norte de Bahía, Brasil. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 30: 14-20.
- & J. LAGARDE. 1987. La sima Coy-coy de Acurigua, Sierra de San Luis, Estado Falcón. *Ambito*, Caracas, 2-3: 96-100.
- & F. URBANI. 1987. El desarrollo de la Espeleología y aspectos generales de las áreas cársicas venezolanas. En DECÚ V. et al. *Fauna hipógea y hemiedáfica de Venezuela y de otros países de América del Sur*. ISE.Racovitza, Rumania & Soc. Venezolana Espeleol., Venezuela. p. 15-22.
- GALIANA A.; A. MOYA & F. AYALA. 1993. Assortative mating and sympatric speciation. *Evolution*, 47: 432-444.
- GIBBY M. 1981. Polyploidy and its evolutionary significance. En GREENWOOD, P. (Ed.). *The Evolving Biosphere*. *British Mus. Nat. Hist.*, Cambridge Univ. Press. p. 87-95.
- GITTENBERGER E. 1988. Sympatric speciation in snails: A largely neglected model. *Evolution*, 42: 826-828.
- GORZULA S. 1992. La herpetofauna del macizo de Chimantá. En HUBER O. (Ed.). *El macizo del Chimantá, Escudo de Guayana, Venezuela: un ensayo ecológico tepuyano*. Todtmann Ed., Caracas, p. 267-280.
- GOULD S. & N. ELDRIDGE. 1977. Punctuated equilibria: the tempo and mode of evolution reconsidered. *Paleobiology*, 3: 115-151.
- & ——— 1986. Punctuated equilibrium at the 3rd stage. *Syst. Zool.*, 35: 143-148.
- & E. VRBA. 1982. Exaptation: a missing term in the science of form. *Paleobiology*, 8: 4-15.
- GOUNOT, A. 1960. Recherches sur le limon argileux souterrain et sur son rôle nutritif pour les *Niphargus* (Amphipodes, Gammarides). *Ann. Spéléol.*, 15: 501-526.
- 1967. La microflore des limons argileux souterrains. *Ann. Spéléol.*, 22: 23-146.
- GRANT B. & P. GRANT. 1979. Darwin's finches: population variation and sympatric speciation. *Proc. Nat. Acad. Sci., USA*, 76: 2359-2363.
- GREENSLADE, P. 1983. Adversity selection and the habitat templet. *Amer. Natur.*, 122: 352-365.
- HAFFER J. 1970. Art-Entstehung bei einigen Waldvögeln Amazoniens. *Jour. Ornithologie*, 111: 285-331.
- 1974. *Avian speciation in tropical South America*. Nuttall Ornithol. Club, Cambridge. 390 pp.
- HALKKA O. 1978. Influence of spatial and host-plant isolation on polymorphism in *Philaenus spumarius*. En MOUND & WALOFF (Eds.). *Diversity of insect faunas*. Symp. Roy. Entomol. Soc. London, 9: 41-55.
- HAMILTON-SMITH E. 1971. The classification of cavernicoles. *NSS Bull.*, 33(1): 63-66.
- HAMMOND P. 1972. The micro-structure, distribution and possible function of peg-like setae in male Coleoptera. *Entomologica Scandinavica*, 3: 40-54.
- 1981. Speciation in the face of gene flow: sympatric-parapatric speciation. En GREENWOOD, P. (Ed.). *The Evolving Biosphere*. *British Mus. Nat. Hist.*, Cambridge Univ. Press. p. 37-48.
- HERRERA F. F. 1995. Las comunidades de artrópodos del guano de guácharos en la cueva del Guácharo, Venezuela. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 29: 39-46.
- HILL C. 1987. Geology of Carlsbad Cavern and other caves in the Guadalupe Mountains, New Mexico and Texas. *New Mexico Bur. Mines & Mine. Resources*, Bull.117, 150 pp.
- HOBBS H., H.H. HOBBS & M. DANIEL. 1977. A review of the troglöbitic decapod crustaceans of the Americas. *Smithsonian Contrib. Zool.*, 244: 1-183.
- HOCH H. & F. HOWARTH. 1989. The evolution of cave-adapted cixiid planthoppers in volcanic and limestone caves in North Queensland, Australia (Homoptera: Fulgoroidea). *Mém. Biospéol.*, 16: 17-24.
- HOLTHUIS L. 1973. Caridean shrimp found in land locked saltwater pools at four Indo-West Pacific localities (Sinai Peninsula, Funafuti Atoll, Maui and Hawaii Islands), with the description of one new genus and four new species. *Zool. Verh.*, 128: 1-48.
- 1979. Cavernicolous and terrestrial Decapod Crustacea from Northern Sarawak, Borneo. *Zool. Verh. Leiden*, 171: 3-47.
- 1980. A new cavernicolous freshwater crab from New Guinea (Crustacea: Decapoda). *Zool. Meded. Leiden*, 55: 313-320.
- HOWARTH F. 1973. The cavernicolous fauna of Hawaiian lava tubes, 1. Introduction. *Pacific Insects*, 15: 139-151.
- 1983. Ecology of cave arthropods. *Ann. Rev. Entomol.*, 28: 365-389.
- 1986. The tropical cave environment and the evolution of troglöbites. *9<sup>o</sup> Congr. Internat. Espeleol.*, Comunicaciones. Barcelona, p. 153-155.
- 1987. The evolution of non-relictual tropical troglöbites. *Internat. Jour. Speol.*, 16: 1-16.
- 1991. Hawaiian cave faunas: macroevolution on young islands. En DUDLEY (Ed.) *The unity of evolutionary biology*. Voll. Dioscorides, Portland, p. 285-295.
- 1993. High-stress subterranean habitats and evolutionary change in cave-inhabiting arthropods. *Am. Naturalist*, 142: S65-S77.
- & F. STONE. 1990. Elevated carbon dioxide levels in Bayliss Cave, Australia: implications for the evolution of obligate cave species. *Pacific Science*, 44: 207-218.
- HUETTEL M. & G. BUSH. 1972. The genetics of host selection and its bearing on sympatric speciation in *Procedidochares* (Diptera: Tephritidae). *Entomol. Exper. Applic.*, 15: 465-480.
- HULL D. 1970. Contemporary systematic philosophies. *Ann. Rev. Ecol. System.*, 1: 19-54.
- HÖPPOP K. 1985. The role of metabolism in the evolution of cave animals. *NSS Bull.*, 47: 71-77.
- 1986. Oxygen consumption of *Astyanax fasciatus* (Characidae, Pisces): a comparison of epigeal and hypogean populations. *Environ. Biol. Fishes*, 17(4): 200-308.
- ICRP - INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION. 1987. Lung cancer risk from environmental exposure to radon daughters. *Ann. ICRP*, Publ. 50 & 60.
- ILIFFE T. 1990. Crevicular dispersal of marine cave fauna. *Mém. Biospéol.*, 17: 93-96.
- , H. WILKENS, J. PARZEFALL & D. WILLIAMS. 1984. Marine lava cave fauna: composition, biogeography, and origins. *Science*, 225: 309-311.
- JEANNEL R. 1955. L'écologie. Initiation aux recherches sur la

- systématique des Coléoptères. *Publ. Mus. Nat. Hist. Natur.*, Paris. 16: 1-155.
- JUBERTHIE C. 1983. Le milieu souterrain: étendue et composition. *Mém. Biospéol.*, 10: 17-65.
- , B. DELAY & M. BOUILLON. 1980. Extension du milieu souterrain en zone non calcaire: description d'un nouveau milieu et de son peuplement par les coléoptères troglobies. *Mém. Biospéol.*, 7: 19-52.
- & M. BOUILLON. 1982. Présence de Aphaenops (Coléoptères, Trechinae) dans le milieu souterrain superficiel des Pyrénées françaises. *Mém. Biospéol.*, 10: 91-98.
- KANE, T. & D. CULVER. 1991. The evolution of troglobites: Gammarus minus (Amphipoda: Gammaridae) as a case study. *Mém. Biospéol.*, 18: 3-14.
- KANE, T. & D. CULVER. 1992. Biological processes in space and time: Analysis of adaptation. En CAMACHO, A. (Ed.). *The Natural History of Biospeleology*. Monograf. Mus. Nac. Cienc. Nat., Madrid, p. 377-399.
- KIMURA M. 1983. *The neutral theory of molecular evolution*. Cambridge Univ. Press, New York.
- KLIMCHOUK A. & V. NASEDKIN. 1992. Radon in the caves of the Commonwealth of Independent States. *The Light*, News of Kiev Karst & Spéol. Center, 4(6): 21-35.
- , V. NASEDKIN & K. CUNNINGHAM. 1995. Speleothems of aerosol origin. *NSS Bull.*, 57: 31-42.
- KONDRASHOV A. & M. MINA. 1986. Sympatric speciation: When is it possible?. *Biol. J. Linnéan Soc.*, 27: 201-223.
- KRAUS E. 1959. *Die entwicklungsgeschichte der kontinente und ozeane*. Akademie-Verlag, Berlin.
- LELEUP N. 1952. Réflexions sur l'origine probable de certains Arthropodes troglobies. *Rev. Zool. Bot. Afric.*, 45.
- 1956. La faune cavernicole du Congo belge et considerations sur les Coléoptères reliques d'Afrique intertropicale. *Ann. Mus. R. Congo belge*, 46.
- 1965. Existence d'une faune cryptique relictuelle aux illes Galápagos. *Notic. Galápagos*, 5/6: 4-16.
- LEWONTIN R. 1974. *The genetic basis of evolutionary change*. Columbia Univ. Press. New York. 346 pp.
- LOVTRUP S. 1979. The evolutionary species: fact or fiction. *Systematic Zoology*, 28: 386-392.
- MARGALEF R. 1976. Paralelismo entre la vida de las cavernas y la de las grandes profundidades marinas. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balear*, 21: 10-20.
- MATHIEU J. & M. TURQUIN. 1992. Biological processes at the population level. II. Aquatic populations Niphargus (stygbiont amphipod) case. En CAMACHO A. (Ed.). *The Natural History of Biospeleology*. Monograf. Mus. Nac. Cienc. Nat., Madrid, p. 263-293.
- MATSUDA R. 1982. The evolutionary process in talitrid amphipods and salamanders in changing environments, with a discussion of "genetic assimilation" and some other evolutionary concepts. *Canadian Jour. Zool.*, 60: 733-749.
- MAYNARD SMITH J. 1966. Sympatric speciation. *Am. Naturalist*, 100: 637-650.
- MAYR E. 1963. *Animal species and evolution*. Belknap Press. Cambridge. 797 pp.
- 1970. *Populations, species and evolution*. Belknap Press. Cambridge. 453 pp.
- 1979. Reviews. Modes of speciation. M.J.D. White. 1978. *Systematic Zoology*, 27: 478-482.
- 1983. *Towards a new philosophy of biology observations of an evolutionist*. Harvard Univ. Press, 12 pp.
- MCKAYE, K. 1980. Seasonality in habitat selection by the gold color morph of *Cichlasoma citrinellum* and its relevance to sympatric speciation in the family Cichlidae. *Environ. Biol. Fish*, 5: 75-78.
- MCKERON B., D. SMITH & S. BERLOCHER. 1988. Genetic differences between host races of *Rhagoletis pomonella*. *Nature*, 336: 64-66.
- MECHAM J. 1961. Isolating mechanisms in anuran amphibians. En BLAIR Ed. *Vertebrate speciation*. Univ. Texas Press, Austin. p. 24-61.
- MEGLITSCH P. 1954. On the nature of the species. *Systematic Zoology*, 3: 49-65.
- MEYER A. 1989. Trophic polymorphisms in cichlid fishes: Do they represent intermediate steps during sympatric speciation and explain their rapid adaptive radiation?. En J.H. SCHRODER (Ed.) *New Trends in Ichthyology*, Paul Parey, Berlin.
- MITCHELL R. 1969. A comparison of temperate and tropical cave communities. *Southwest Naturalist*, 14: 73-88.
- MOTAS C. 1958. Freatobiologia, o nova ramura a Limnologiei. *Natura*, 10: 21-28.
- MOTAS C. 1962. Procédé des sondages phréatiques. Division du domaine souterrains; classification écologique des animaux souterrains; le psammon. *Act. Mus. Macéd. Sc. Nat.*, 8(7-75): 135-173.
- MURRAY J. 1972. *Genetic diversity and natural selection*. Oliver & Boyd, Edinburgh, 128 pp.
- NEWMAN W. 1983. Origin of the Maxillopoda; urnalacostracan ontogeny and progenesis. En *Crustacean. Issues 1. Crustacean phylogeny*, 105-119.
- NOTENBOOM J. 1986. Biogeographical observations on iberian stygbiont amphipods with emphasis on the genus Pseudoniphargus. *9<sup>e</sup> Congr. Inter. Espeleol.*, 3: 94-98.
- 1991. Marine regressions and the evolution of groundwaters dwelling amphipods (Crustacea). *Jour. Biogeogr.*, 18: 437-454.
- ORGHIDAN T. 1955. Un nouveau domaine de vie soterraine aquatique: le biotope hyporhéique. *Bull. Biol. Acad. R. P. Romania*, 7(3): 657-676.
- 1959. Ein neues Lebensraum des unterirdischen Wasswe: der hyporheische Biotop. *Arch. Hydrobiol.*, 55(3): 392-414.
- OROMI P., A. MEDINA & M. TEJEDOR. 1986. On the existence of a superficial underground compartment in the Canary Islands. *9<sup>e</sup> Congr. Inter. Espeleol.*, Barcelona, 2: 147-151.
- , J. MARTIN; A. MEDINA & I. IZQUIERDO. 1991. The evolution of the hypogean fauna in the Canary Islands. En DUDLEY Ed. *The unity of evolutionary biology*. Vol.1. Dioscorides, Portland. p. 380-395.
- OTTE E. & J.A. ENDLER (Eds.). 1989. *Speciation and its consequences*. Sinauer Assoc. Inc. Publish., Sunder.
- PALMER R. 1986. The Blue Holes of South Andros. *Cave Science*, 13: 3-6.
- PARSONS, P. 1987. Evolutionary rates under environmental stress. *Evol. Biol.*, 21: 311-347.
- PARSONS P. 1991. Evolutionary rates: stress and species boundaries. *Ann. Rev. Ecol. & System.*, 22: 1-18.
- PARZEFALL J. 1986. On the heredity of behaviour patterns in cave animals and their epigeic relatives. *NSS Bull.*, 47: 128-135.
- PECK S. 1986. Evolution of adult morphology and life-history characters in cavernicolous *Ptomophagus* beetles. *Evolution.*, 40(5): 1021-1030.
- 1990. Eyeleas arthropods of the Galápagos Islands, Ecuador: composition and origin of the cryptozoic fauna of a young, tropical, oceanic archipelago. *Biotropica*, 22: 366-381.
- & J. KUKALOVA-PECK. 1986. Preliminary Summary of the Subterranean Fauna of the Galápagos Islands, Ecuador. Part 1-11. Com. *9<sup>e</sup> Congr. Internac. Espeleol.*, Barcelona, 9: 164-169.
- PENNAK R. & J. WARD. 1986. Interstitial faunal communities of the hyporheic and adjacent groundwater biotopes of a Colorado Mountain range. *Arch. Hydrobiol. Suppl.*, 74(3): 356-396.
- PÉREZ A. & A. VILORIA. 1994. *Ancistrus galani* n.sp. (Siluriformes: Loricariidae), with comments on biospeological explorations

- in western Venezuela. *Mém. Biospéol.*, 21: 103-107.
- PETROVA A. 1983. Catégories écologiques chez les hydracariens souterrains. *Hydrobiology*, 19: 49-54.
- POULSON T. 1963. Cave adaptation in amblyopsid fishes. *Am. Mid. Nat.*, 70: 257-290.
- . 1981. Variation in life history of Linyphiid cave spiders. *Proc. 7<sup>th</sup> Int. Congr. Speol.*, 60-62.
- RACOVITZA E. 1907. Essai sur les problèmes biospéologiques. *Arch. Zool. exp. et gen.* (Biospeologica I), 4<sup>e</sup> série, 6: 371-488.
- RACOVITZA G. 1983. Sur les relations dynamiques entre le milieu souterrain superficiel et le milieu cavernicole. *Mém. Biospéol.*, 10: 85-90.
- RODRÍGUEZ G. & C. BOSQUE. 1990. A stygobiont crab, *Chaceus caecus* n.sp., and its related stygophile species, *Chaceus motiloni* Rodríguez 1980 (Crustacea, Decapoda, Pseudothelphusidae) from a cave in the Cordillera de Perijá, Venezuela. *Mém. Biospéol.*, 17: 127-134.
- ROUCH R. 1986. Sur l'écologie des eaux souterraines dans le karst. *Stylogia*, 2(4): 352-398.
- & D. DANIELOPOL. 1987. L'origine de la faune aquatique souterraine, entre le paradigme du refuge et le modèle de la colonisation active. *Stylogia*, 3: 345-372.
- , M. BAKALOWICZ, A. MANGIN & D. D'HULST. 1989. Sur les caractéristiques chimiques du sous-écoulement d'un ruisseau des Pyrénées. *Ann. Limnol.*, 25: 3-16.
- RULL V. 1991. Contribución a la paleoecología de Pantepui y la Gran Sabana (Guayana Venezolana): clima, biogeografía, ecología. *Scientia Guianae*, 2: 1-133.
- SAJO-BOHUS L., E. GREAVES; J. PALFALVI; G. MERLO & F. URBANI. 1995. Primeras mediciones de las concentraciones de radón en cuevas venezolanas. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 29: 17-19.
- SARBU S. 1990. The unusual fauna of a cave with thermomineral waters containing H<sub>2</sub>S from Southern Dobrogea, Romania. *Mém. Biospéol.*, 17: 191-195.
- SASSUCHIN D., M. KABANOV & K. NEISWESTNOVA. 1927. Ueber die mikroskopische pflanzen-und Tierwelt der Sandfläsche der Okaufers bei Murom. *Russ. Hydrob. Zeitsch. Saratov.*, 6(3/5): 135-173.
- SBORDONI V. 1980. Strategie adattative negli animali cavernicoli: uno studio di genetica ed ecologia di popolazione. *Proc. Acad. Nat. Lincei*, 51: 61-100.
- SCHMINKE H. 1981. Adaptation of Bathynellacea to life in the interstitial (Zoea theory). *Int. Rev. ges. Hydrobiol.*, 66(4): 575-637.
- SCHUBERT C. 1988. Climatic changes during the Last Glacial Maximum in northern South America and the Caribbean: A review. *Interciencia*, 13(3): 128-137.
- SCHULTZ D. 1982. Terrestrial isopod crustaceans (Oniscoidea) from Mulu Caves, Sarawak, Borneo. *Jour. Nat. Hist.*, 16: 101-117.
- SCHWOERBEL J. 1961. Über die Lebensbedingungen und die Besiedelung des Hypodhischen Lebensraums. *Arch. Hydrobiol.*, Suppl., 25: 2-3.
- SCUDDER G. 1974. Species concepts and speciation. *Canadian Jour. Zool.*, 52: 1121-1134.
- SEMEANOVA L. 1961. Relation of cuticle structure in chilopods to the condition of existence. *Zool. Journ.*, 40.
- SIMPSON, G. 1961. *Principles of animal taxonomy*. Columbia Univ. Press. New York. 247 pp.
- SKET B. 1985. Why all cave animals do not alike: A discussion on adaptive value of reduction processes. *NSS Bull.*, 47(2): 78-85.
- SOKAL R. & T. CROVELLO. 1970. The biological species concept: a critical evaluation. *Am. Naturalist*, 104: 127-153.
- STANHOPE M. J., B. HARTWICK & D. BAILLIE. 1993. Molecular phylogeographic evidence for multiple shifts in habitat preference in the diversification of an amphipod species. *Molecular Ecology*, 2(2): 99-112.
- STOCK J. 1980. Regression model evolution as exemplified by the genus *Pseudoniphargus* (Amphipoda). *Bijdr. Dierkd.*, 50: 105-144.
- TAUBER C. & M. TAUBER. 1989. Sympatric speciation in insects: Perception and perspective. En OTTE & ENDLER (Eds.). *Speciation and its consequences*. Sinauer Assoc. Inc. Publish., p. 307-345.
- TEIXEIRA N., M. FAISCA & J. CRISPIM. 1991. Preliminary data on radon concentration in some Portuguese show caves. *5<sup>th</sup> Int. Conf. Natur. Radiat. Environm.*, Salzburg, 22-28 Sept. 1991.
- TEMPLETON A. 1980. Modes of speciation and inferences based on genetic distances. *Evolution*, 34: 719-729.
- THORPE W. 1945. The evolutionary significance of habitat selection. *J. Anim. Ecol.*, 14: 67-70.
- TRAJANO E. 1989. Estudo do comportamento espontâneo e alimentar e da dieta do bagre cavernícola, *Pimelodella kronei*, e seu provável ancestral epígeo, *Pimelodella transitoria* (Siluriformes, Pimelodidae). *Revta. Bras. Biol.*, 49(3): 757-769.
- . 1995. Evolution of tropical troglobites: applicability of the model of Quaternary climatic fluctuations. *Mém. Biospéol.*, 22.
- UENO S. 1987. The derivation of terrestrial cave animals. *Zool. Science*, 4: 593-606.
- URBANI F. 1977. Nuevos comentarios sobre estudios realizados en las formas cársicas de las cuarcitas del Grupo Roraima. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 8(15): 71-77.
- . 1996. Venezuelan cave minerals: a review. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 30: 1-13.
- VANDEL A. 1965. *Biospeleology: The Biology of Cavernicolous Animals*. Pergamon Press, Oxford, 524 p.
- VOUIDIBIO J., P. CAPY, D. DEFAYE, E. PLA, J. SANDRIN, A. CSINK & J.R. DAVID. 1989. Short-range genetic-structure of drosophila-melanogaster populations in an afro-tropical urban area and its significance. *Proc. Nat. Acad. Scienc, USA*, 86(21): 8442-8446.
- WESTHEIDE W. 1987. Progenesis as a principle in meiofauna evolution. *J. Nat. Hist.*, London, 21: 843-854.
- WHITE M. 1978. *Modes of speciation*. W. H. Freeman & Co., San Francisco. 455 pp.
- WHITTMANN R. & W. CLARK. 1982. Availability of dissolved oxygen in interstitial waters of a sandy creek. *Hydrobiologia*, 92: 651-658.
- WILEY E. 1978. The evolutionary species concept reconsidered. *Systematic Zoology*, 27: 17-26.
- WILKENS H. 1987. Genetic analysis of evolutionary processes. *Int. J. Speol.*, 16(1-2): 33-57.
- . 1988. Evolution and genetics of epigeic and cave *Astyanax fasciatus* (Characidae, Pisces). *Evol. Biol.*, 23: 271-367.
- WILSON D. 1989. The diversification of single gene pools by density and frequency-dependent selection. En OTTE & ENDLER (Eds.). *Speciation and its consequences*. Sinauer Assoc. Inc. Publish., p. 366-385.
- & H. HYNES. 1974. The occurrence of benthos deep in the substratum of a stream. *Freshw. Biol.*, 4: 233-256.
- YAGER J. 1981. Remipedia, a new class of Crustacea from a marine cave in the Bahamas. *Jour. Crustacean Biol.*, 1: 328-33.
- . 1987. Cryptocorynetes haptodiscus, new genus, new species, and *Speleonectes benjamini*, new species, of remipede crustaceans from anchialine caves in the Bahamas, with remarks on distribution and ecology. *Proceed. Biol. Soc. Washington*, 100: 302-320.
- YARBOROUGH K. 1978. Airborne alpha radiation in natural caves administered by the National Park Service. *Nat. Cave Managem. Proceed.*, Big Sky, 1977, p. 125-132.

## HISTORIQUE DE LA SPELEOLOGIE AU PEROU (1802-1989)

Alain GILBERT & Yves SAMMARTINO

Direction Régionale des Affaires Culturelles de Guyane.

95 Avenue Charles de Gaulle.

95300 Cayenne. Guyane Française.

### RESUMEN

*Historia de la espeleología en Perú (1802 - 1989).*

Peru es un país cuyas leyendas e historia demuestran un interés casi instintivo hacia el medio subterráneo. La caverna, elemento de protección o lugar de culto para los vivos, sirve a la vez de último refugio a los muertos. Desde milenios, la ocupación de abrigos y porches de cavernas por parte de paleoindios hasta tribus actuales ha dejado numerosas huellas. Por estas razones, las poblaciones andinas y amazónicas asocian plenamente el mundo subterráneo como elemento vital de sus tradiciones.

El estudio de los vestigios de estas civilizaciones condujo a los viajeros o naturalistas europeos a interesarse por las cavernas que encuentran desde el principio del siglo XIX. Científicos curiosos, ellos recogen todo lo que descubren, vestigios arqueológicos o antropológicos, muestras de rocas, fósiles, especímenes de fauna... Este primer período corresponde a los precursores (1802 a 1946).

En el transcurso del período de transición (1947 a 1966), una mutación se produce: la toma de conciencia del interés específico de la espeleología y de la importancia que puede tener en Perú. Este hecho conduce a la tercera fase: la de las Expediciones (1969 a 1989).

*Palabras claves:* espeleología, espeleometría, historia, Perú, Inca, antropología.

### INTRODUCTION

Le Pérou est un pays dont les légendes et l'histoire démontrent un intérêt presque instinctif pour le milieu souterrain. La caverne, élément de protection ou lieu de culte pour les vivants, sert de dernier refuge pour les morts. Depuis des millénaires, l'occupation d'abris sous roches ou de porches de cavernes a laissé de nombreuses traces du passage des paléoindiens aux tribus actuelles. Pour ces raisons, les populations andines et amazoniennes associent pleinement le monde souterrain comme élément vital de leurs traditions.

C'est tout naturellement l'étude des vestiges de ces civilisations qui amènera les voyageurs ou naturalistes européens à s'intéresser aux cavernes qu'ils rencontrent, dès le début du XIXe siècle.

Scientifiques "touche à tout", ils recueillent tout ce qu'ils découvrent, vestiges archéologiques ou anthropologiques, échantillons de roches, fossiles, spécimens de la faune. Cela correspond à la première période: celle des précurseurs (1802 à 1946).

Au cours d'une période de transition (1947 à 1966), une mutation se produit: celle de la prise de conscience de l'intérêt spécifique de la spéléologie et de la place qu'elle peut tenir au Pérou. Cela mène à la troisième phase: celle des expéditions (1969 à 1989).

### LES PRECURSEURS

1802

Comme dans d'autres pays, Alexandre de HUMBOLDT sert de référence pour les premières explorations et études de cavités. Il visite "Uscopisco" (Uchkupisjo), département de Cajamarca, et l'explore jusqu'au "río" souterrain.

1846

François de LA PORTE, comte de CASTELNAU explore Sanson Machay, département de Pasco, et relève une multitude d'ossements de *Scelidotherium*, grand mammifère fossile de la famille des édentés.

1848 à 1862

Paul MARCOY effectue deux longs séjours au Pérou où il étudie différentes cavités ou mines dans la région de Cuzco: Chinganade Querohuasi (maison de l'or) et la "chaire du diable"; près de Chaupichaca: Piquimachay et la perte de la rivière Quitubamba près de la Sierra de Huilcanota les mines de San Lorenzo et la grotte de Nuestra Señora de Guadalupe, mais sa plus belle description est celle des grottes de Huarunini près de Coporaque.

1851 à 1869

Antonio RAIMONDI réalise de nombreux travaux dans des grottes péruviennes: cueva de Saco près de Yauli; Uchkupisjo où il analyse l'alimentation des guácharos, et Sanson Machai; dans le département de Huanuco: grottes de Llata où il découvre des momies; Tingo María, Las Pavas; dans le département de Cuzco Huarari.

1876 à 1882

Charles WIENER se fait descendre, suspendu à des cordes de cuir, dans des grottes en falaise 100 m en contrebas des crêtes près de Taparaco et Colpa. A Chachapoyas, il visite des grottes funéraires où sont construits des tombeaux. (GILBERT, 1994).

1893

Le Colonel LA COMBE visite la grotte sépulcrale de Huichay près de Tarma, département de Junin.

1912

La "Yale University Expedition" dirigée par A. BINGHAM, explore des grottes sur le chemin des Incas avant de découvrir Machu Pichu.

1926

J. C. TELLO, archéologue péruvien, réalise des fouilles importantes dans la caverne de Tupe, province de Yauyos.

1928 à 1934

César GARCÍA ROSSEL explore en 1928 la grotte de Huari, département d'Ayacucho, avec le père MADINA, la

grotte Huaran en 1932, le porche de Huagapo sur 100 m et la grotte del Rosario près de Palcamayo en 1934.

1932

Le père VILLAR CÓRDOVA décrit une quinzaine de cavités avec des restes archéologiques en bordure de la Cordillera de la Viuda près de Cerro de Pasco.

1937

J. C. TELLO étudie la cavité de Cumbemayo, département Cajamarca, aux parois couvertes de peintures.

1940

Werner GREEN explore deux cavités de la vallée de l'Urubamba près de Machu Pichu: Corihuay - Racina et Phuyupatamarca.

HORKHEINER étudie les grottes de Chupaca et Pachacayo près du rio du même nom.

1945

WEBERBAUER signale plusieurs cavités près de la vallée du Huablabamba dont la plus intéressante est Chirimachay qui possède des sépultures préhistoriques.

1946

Le Professeur TSCHOPIK découvre dans la grotte de Chupaca, vallée du Mantaro, des restes paléindiens datés de 9.000 ans.

## LA TRANSITION

1947

Salomón VÍLCHEZ MURGA se rend dans la Cordillera de Tarros, département de Cajamarca, où il visite une caverne parcourue par une rivière et peuplée de guácharos. La nécessité de protéger ces oiseaux permet la création du premier parc national du Pérou. Biologiste, il est le promoteur du projet; devenu député, il sera plus tard à l'origine de la formation du Centre Spéléologique du Pérou.

1949

VON HAGEN explore les grottes de Pucuta où il découvre des momies.

1950

CHAVEZ BALLON identifie les grottes de Tamputocco, à 60 km de Cuzco d'où serait originaire la dynastie Inca.

1958

Augusto CARDICH étudie les grottes de Lauricocha près de la source du Marañon où il exhume des ossements paléindiens de 9.000 à 10.000 ans associés à de l'industrie lithique.

1961

La HUNTING SURVEY CORPORATION réalise les premières photographies du pont naturel de Cutibireni. Vaste cavité de 400 m de large, 150 m de hauteur et 250 m de long, traversée par le rio Cutibireni. Cette grotte presque mythique n'était connue auparavant que par les indiens.

1963

Emilio GONZÁLEZ GARCÍA étudie la Cueva de Toquepala, département de Tacna. Cette cavité atteint la renommée mondiale grâce à la qualité de ses peintures rupestres.

1965

César GARCÍA ROSSEL publie son livre *Cavernas,*

*grutas y cuevas del Perú*, où il recense quelques 250 cavités du Pérou. Cet ouvrage issu d'un important travail de recherche bibliographique va provoquer l'essor de la spéléologie péruvienne et servir de référence de base pour les expéditions à venir. Beaucoup de références ne s'appuient que sur des lieux-dits supputants des cavités comme le suffixe machay ou grotte en quechua. (GARCÍA ROSELL 1965).

1966

Jean Louis CHRISTINAT de la Société Suisse de Spéléologie séjourne au Pérou et s'applique à la diffusion de la spéléologie (CHRISTINAT 1967).

## LES EXPEDITIONS

1969

Un groupe d'Andinistes et de scientifiques péruviens réalise la première expédition dans Huagapo près de Tarma pendant la saison des pluies. Cette exploration verra sa progression stoppée à 600 m de l'entrée sur siphon temporaire. Diverses études archéologiques sont entreprises et des peintures rupestres découvertes.

1970

Trois péruviens atteignent le siphon de Huagapo au mois de juillet et apposent une plaque de plomb pour marquer l'événement.

1971

Carlos BORDÓN, de la Société Vénézuélienne de Spéléologie, étudie les zones karstiques de Ninabamba, Palcamayo, Tingo María et visite les cavités de Uchkupisjo, Huagapo et las Lechuzas.

1972

Le première expédition étrangère est polonaise et comprend sept membres du KLUB WYSOKOGORSKI de Varsovie. A Litivica, ils topographient la cueva de Huarari (dév. 300 m) et dans la région de Cuzco explorent Chicana Grande sous la forteresse de Sacsahuaman. A Machu Pichu, ils repèrent plusieurs cavités dans le granit.

A Palcamayo, ils poursuivent l'exploration de Huagapo jusqu'à un siphon temporaire, à 1.000 m de l'entrée et découvrent la Sima de Racas Marca où ils atteignent la cote - 50 m.

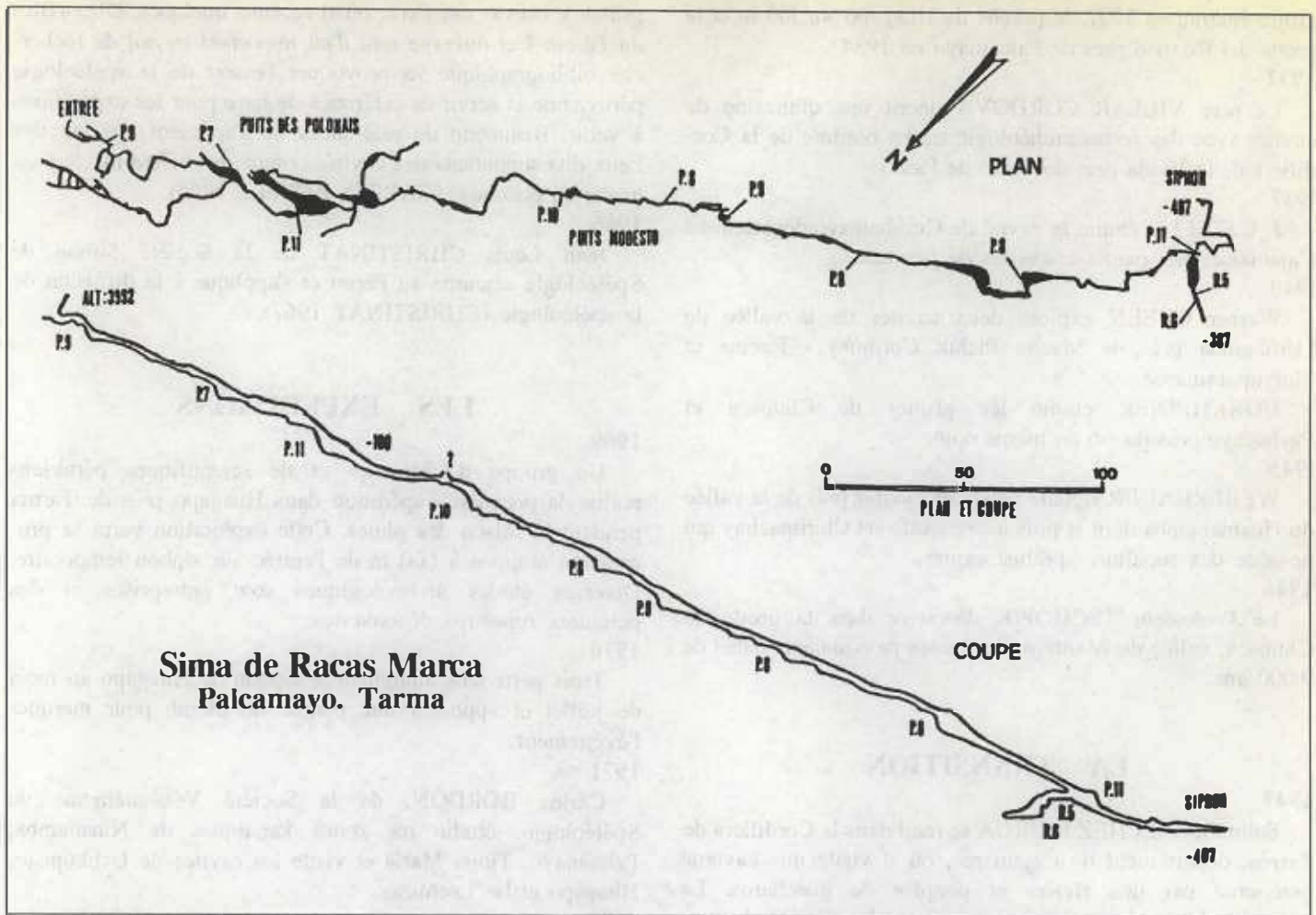
Modesto CASTRO, gardien de Huagapo, explore Racas Marca en solitaire jusqu'à 120 m de profondeur.

Alain DESCHAMPS étudie le lapiaz de Quenquo près de Cuzco (DESCHAMPS 1972).

La première expédition britannique organisée par l'IMPERIAL COLLEGE OF LONDON, se rend à Tarma pour poursuivre l'exploration de Huagapo, 450 m de galeries s'ajoutent au développement déjà connu. Dans les karsts d'altitude, ils recherchent les pertes et réalisent des colorations à Anta Cocha (4.240 m d'altitude). Ils reprennent l'exploration de Racas Marca jusqu'à un siphon terminal à la cote -402 m. Des galeries remontantes donnent un dénivelé total de 407 m pour 2.141 m de développement. D'autres petites cavités sont explorées sans résultats importants.

1973

La première expédition espagnole du GRUPO DE EXPLORACIONES SUBTERRANEAS del Club Montañés



### Sima de Racas Marca Palcamayo. Tarma

Barcelonés explore les grottes de las Lechuzas, los Guacamayos et la Ventana à Tingo María (ULLASTRE MARTORELL, 1973)

A Palcamayo, ils reprennent les cavités vues par les britanniques et découvrent Warimachay (dén. -40 m). Dans le secteur de Ninabamba, ils reconnaissent la perte et la résurgence du Río Chancay et explorent les grottes d'Uchkupisjo, regard sur le rio Chancay souterrain.

Un groupe du CLUB ANDINO PERUANO atteint le siphon terminal de Huagapo a Palcamayo.

#### 1974 à 1977

Deux nord américains Lonnie G. THOMPSON et Garry D. MACKENZIE étudient la formation de cavités dans le glacier de Quelccaya. (THOMSON & MACKENZIE 1979).

#### 1975 à 1980

Des préhistoriens de l'INSTITUT FRANÇAIS D'ETUDES ANDINES dirigés par Danièle LAVALLEE fouillent l'abri sous roche de Telarmachay près de Tarma, à 4.420 m d'altitude. Ces recherches mettent en évidence sept phases d'occupation successives du site dans une séquence allant de 9.000 à 2.000 AC. La richesse en faune a permis de démontrer l'existence d'un processus de domestication des camélidés andins entre 6.000 et 5.500 AC (LAVALLEE 1985).

#### 1976

La deuxième expédition espagnole organisée par le CENTRE EXCURSIONISTA DE CATALUNYA se rend dans le parc national de Cutervo où ils explorent la cueva de los

guácharos (ou de San Andres) (dév. 1.334 m) et les cuevas Negra y Blanca.

Pour la deuxième expédition polonaise, ce sont huit spéléologues qui étudient la région de Tarma: à Palcamayo ils explorent cinq cavités de 20 à 65 m de profondeur et à San Pedro de Cayas, la Sima Mata Pacla (dén. -60 m).

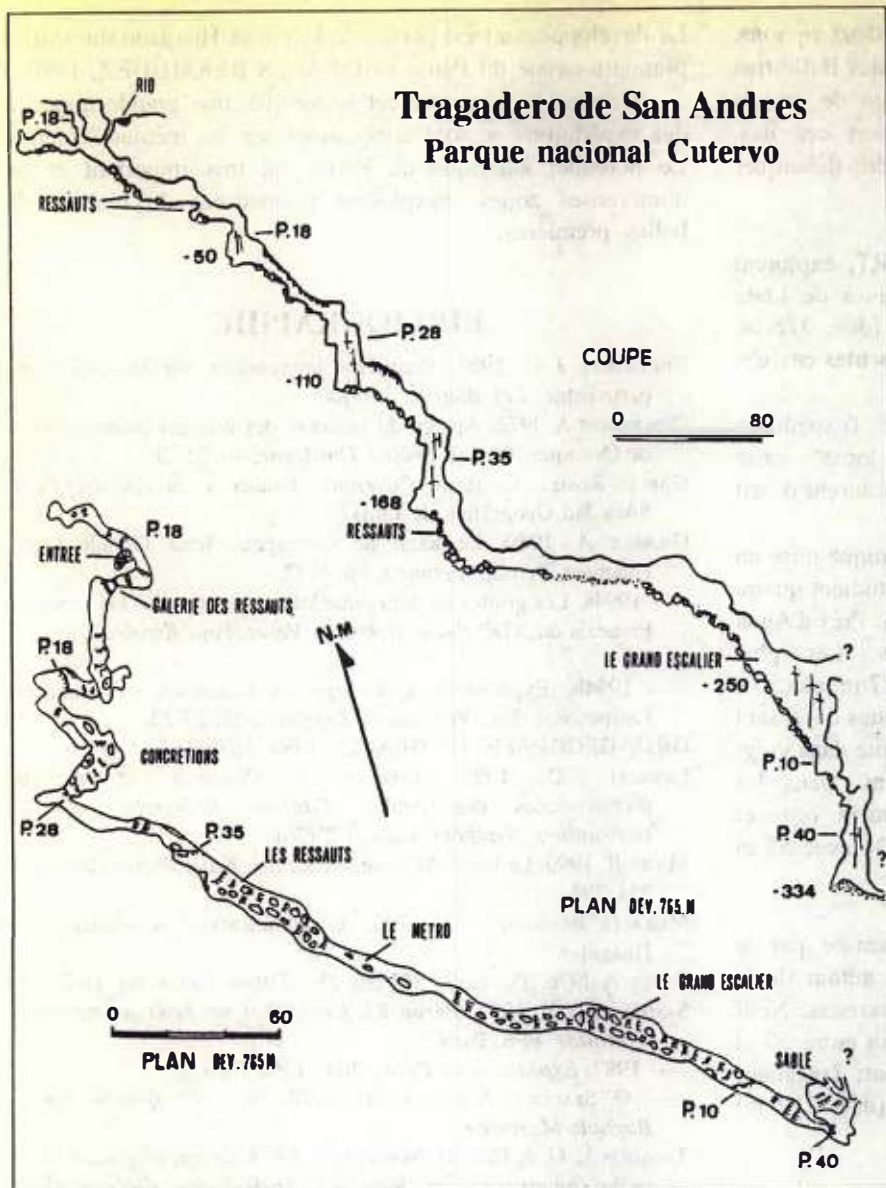
La première expédition française organisée par le CLUB AIXOIS regroupe cinq participants. Dans le karst de la Oraya, ils explorent trois avens de 17 à 33 m de profondeur et une rivière souterraine sur deux cents mètres. Le principal résultat est la première plongée du siphon de Huagapo. Leur progression s'arrête à 200 m au-delà du siphon par manque de lumière.

#### 1977

Quatre spéléologues composent la deuxième expédition française. Ils parcourent le Pérou pendant près de trois mois à la découverte de nombreuses petites cavités et à Palcamayo, visitent sans nouveautés les grottes de Huagapo et Racas Marca.

La troisième expédition espagnole effectuée par le CENTRE EXCURSIONISTA DE CATALUNYA se compose de sept membres qui étudient quatre secteurs du département de Cajamarca. A Ninabamba, le développement de Uchkupisjo est porté à environ 1.850 m. Sur le Cerro de Comulco, à proximité de Celendin, ils étudient dix neuf cavités dont le Tragadero de la Purla (dén. -65 m), la Sima de Talalan N° 1 (dén. -101 m), la Oculación del río Pachachaca (dév. 556 m)





et la cueva Saturno (dév. 402 m). A Cutervo, de petites cavités ou avens sont répertoriés.

Des andinistes péruviens du club Haytapallana explorent une partie de la cueva de Pucara, dans le Mantaro.

1978

Une équipe du SPELEO CLUB SALEM de Taragone visite les cavités classiques de Palcamayo, et près de Cuzco, la cueva de Huaran (dév. 300 m).

1979

La troisième expédition française est organisée par le groupe spéléo de Bagnoles-Marcoules. Quatre spéléologues dirigés par Yves SAMMARTINO séjournent huit mois au Pérou. Près de Comulca, département de Cajamarca, ils explorent 31 avens et une grotte. Près de Huacrurucro trois avens sont descendus, dont la gruta del Equus (dén. -75 m) oet découverte d'un important gisement paléontologique dans cette dernière. Dans le parc national de Cutervo, ils explorent en totalité les tragaderos de los Guácharos, Frondoso et de San Andres (dén. -334 m), ainsi que la Red de las Grutas (dév. 540 m, dén. -91 m). Ils organisent à Palcamayo un stage de spéléologie dans la cueva de Huagapo, auquel participe Carlos

MORALES BERMÚDEZ, puis topographient Pacu Hayen (dév. 800 m) (SAMMARTINO *et al.* 1980).

La première expédition italienne du CENTRO RICERCHÉ CARSIQUE DE GORIZIA étudie de petites cavités dans la région de Chavin de Huantar et des souterrains dans la région de Nazca: galería Visambra (dév. 2.150 m) et galería del Pampon (dév. 1.180 m).

1981

C. MORALES BERMÚDEZ organise une sortie à Lauricocha; une étude détaillée de la cavité permet de réaliser la première véritable publication spéléologique péruvienne.

1982

La deuxième expédition britannique est organisée par la Southampton University Exploration Society et dirigée par Jane WILSON. Après la reprise de nombreuses cavités connues, à Tingo María, ils franchissent le siphon terminal de la cueva de los Guacamayos et doublent le développement de la cavité (dév. 238 m).

La quatrième expédition française est dirigée par Y. SAMMARTINO; celui-ci est accompagné de trois autres spéléologues. Dans le Parc National de Cutervo, reprise de cavités connues et exploration de nouvelles grottes. A Janjui, un karst important est visité, la traversée du rio Churos est la principale découverte (dév. 1.447 m) (SAMMARTINO *et al.* 1984).

1983

En octobre, des spéléologues péruviens menés par C. MORALES BERMÚDEZ

visitent Pacu Hayen.

1984

C. MORALES BERMÚDEZ et ses collègues explorent Racas Marca et y séjournent trois jours. La découverte d'un crapaud dépigmenté est le principal résultat de cette sortie.

Quelques temps après les péruviens, des spéléologues français dirigés par R. MAIRE explorent la Sima de Racas Marca dans le contexte d'une étude géologique d'ensemble de la zone (MAIRE 1990).

1985

James MILLER, un nord américain, étudie de nombreux karsts dans tout le pays.

1986

C. MORALES BERMÚDEZ et J. MILLER visitent les karsts à l'est et au sud de Llata, où ils explorent la cueva de Huishcas Ucuro (dév. 400 m, dén. -50 m), la perte de Millpana de Irma Grande jusqu'à un siphon (dév. 350 m, dén. -60 m).

A. GILBERT et Roland LIEVIN visitent des karsts résiduels dans le département de Cuzco, Puno et Ica. Au nord de Cuzco, visite de six petites cavités aménagées par les Incas, près du lac Titicaca, à Puno topographie d'une petite cavité

développée en interstrate et qui rejoint le lac par deux siphons. Dans le département d'Ica, pendant le tour des îles Ballestras au large du Parc National de Paracas, repérage de grands porches et cavités qui trouent de part en part ces îles. Malheureusement il ne fut pas possible de débarquer (SANMARTINO, 1987).

1987

C. MORALES BERMÚDEZ et A. GILBERT, explorent en partie le karst de Cochapata Irma Grande près de Llata province Huanuco, et topographient Gompinas (dév. 376 m, dén. 116 m); Ashuac (dén. -53 m) et quelques petites cavités. (GILBERT, 1989).

Géromine PASTEUR et les membres de l'expédition "Pavirontsi" redécouvrent "l'arche d'or des Incas" vaste porche qui n'est autre que le pont naturel de Cutibireni décrit en 1961.

Des Anglais de la quatrième expédition britannique mise en place par l'ARMY CAVING ASSOCIATION étudient quatre secteurs différents du département de Cajamarca. Près d'Agua Colorada vingt six cavités sont explorées. Les plus importantes sont la cueva de La Laguna (dév. 127 m, dén. -78 m) et a 20 (dén. -56 m) ainsi que deux autres grottes dépassant 100 m en développement. Près de la Purla, descente dans vingt cavités; deux seulement dépassent les 100 m. Dans les secteurs de la Victoria et Huagalyoc respectivement, onze et trente six cavités sont répertoriées; seul l'aven D4 avec 58 m de dénivelée présente un intérêt.

1988

L'expédition espagnole MILLPUC 88 organisée par le GRUP GEOGRAFIC DE GRACIA se déroule autour de la cité du même nom, dans le département d'Amazonas. Neuf grottes ou gouffres sont visités: quatre avens ont entre 50 et 62 m de profondeur. Les principales cavités sont: Tragadero de Millpuc (dév. 280 m) et cueva Cacapishu (dév. 219 m) (GRUP-GEOGRAFIC DE GRACIA 1989).

1989

Cette année est marquée par la première plongée souterraine des spéléologues péruviens. C. MORALES BERMÚDEZ et Alberto TEMPLE franchissent le siphon de Huagapo et explorent la galerie au-delà du terminus de 1976.

Le développement est porté à 2.396 m et Huagapo devient la première cavité du Pérou (MORALES BERMÚDEZ, 1990).

Comme le démontre cet historique, une grande majorité des expéditions se sont concentrées sur les mêmes secteurs. Le potentiel karstique du Pérou est très important et de nombreuses zones inexplorées permettront de réaliser de belles premières.

## BIBLIOGRAPHIE

- CHRISTINAT J.-L. 1967. Premières impressions sur la spéléologie péruvienne. *Les Boueux*, 3: 6-10.
- DESCHAMPS A. 1972. Aperçu du lapiaz et des vestiges précolombiens de Quenquo (Pérou). *Spéleo Dordogne*, 46: 25-26.
- GARCÍA ROSELL C. 1965. *Cavernas, Grutas y cuevas del Perú*. Sociedad Geográfica de Lima.
- GILBERT A. 1989. Le karst de Cochapata. Irma Grande Llata. Huanuco. Pérou. *Spelunca*, 36: 11-17.
- 1994a. Les grottes de Amérique latine vues par des explorateurs Français du XIX<sup>e</sup> siècle. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 28: 21-26.
- 1994b. Expéditions spéléologiques françaises en Amérique Latine. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 28: 27-33.
- GRUP-GEOGRAFIC DE GRACIA. 1989. *Millpuc 88*.
- LAVALLÉE D. 1985. Telarmachay. Chasseurs et pasteurs préhistoriques des Andes. *Editions Recherche sur les civilisations Synthèse*, Paris, 1-2 (20).
- MAIRE R. 1990. La Haute Montagne Calcaire. *Karstologia Mémoires*, 251-298.
- MORALES BERMÚDEZ C. 1990. Communication personnelle sur Huagapo.
- PAVEY A. 1976. The caves of Peru. *The British Caver*, 64: 13-24.
- SANMARTINO Y. 1984. *Pérou 82. Expédition en forêt amazonienne d'altitude*. FFS, Paris.
- 1987. *Expédition au Pérou 1986*. FFS, Paris.
- , G. STACCIOLI & J. D. KLEIN. 1980. *Pérou 79: Groupe Spéleo Bagnols-Marcoule*.
- THOMSON L. G. & Gary D. MACKENZIE. 1979. Origin of glacier caves in the Quelcaya ice cap. Peru. *Nat. Speleol. Soc. Bulletin*, 41(1): 15-19.
- ULLASTRE MARTORELL J. 1973. Aportación al conocimiento geoespeleológico de algunas regiones kársticas del Perú. *Speleón*, España, 20: 167-224.

## SPELEOMETRIE PERUVIENNE

Developpements		m
Huagapo	(Palcamayo, Tarma, Junín)	2.396
Uchkopisjo	(Ninabamba, Santa Cruz, Cajamarca)	2.350
Racas Marca	(Palcamayo, Tarma, Junín)	2.141
Sima de Iraca	(Ninabamba, Santa Cruz, Cajamarca)	1.540
Cueva Major del Río	(Churos Huicungo, Mariscal Cáceres, San Martín)	1.447
Gruta de San Andrés	(Par. Nat. Cutervo, Cajamarca)	1.234
<b>Desnivelées</b>		
Racas Marcas	(Palcamayo, Tarma, Junín)	- 407
Tragadero de San Andrés	(Part. Nat. Cutervo, Cajamarca)	- 334
Cueva de San Andrés	(Part. Nat. Cutervo, Cajamarca)	- 145
Gompina	(Irma Grande - Llata, Huanuco)	- 116
Talalan N° 1	(Comulca - Caledin, Cajamarca)	- 101

## HISTORIA ESPELEOLOGICA VENEZOLANA. PARTE 9: FRANCISCO DE PAULA ALAMO (1866-1943) LA COMISION EDUARDO RÖHL A LA CUEVA DEL GUACHARO

Franco URBANI

Sociedad Venezolana de Espeleología. Apartado 47.334.

Caracas 1041A.

Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería.

Departamento de Geología, Caracas 1053.

Email: furbani@sagi.ucv.edu.ve

### RESUMEN

Francisco de Paula Álamo contribuyó con la difusión del conocimiento de las cuevas de Venezuela. Escribe sobre varias cavidades del estado Miranda y sobre la Cueva del Guácharo, de las cuales presenta descripciones fruto de sus propias excursiones y también reúne las creencias populares. Es el primero en publicar fotografías de cuevas venezolanas.

En 1950 a pocos meses del Decreto de creación del "Monumento Natural Alejandro Humboldt" (Cueva del Guácharo), el Ministerio de Agricultura y Cría nombró una Comisión presidida por el Dr. Eduardo Röhl, para visitar la Cueva y presentar recomendaciones para su conservación y utilización turística. Tanto el informe de Röhl, como aquellos elaborados por los ingenieros J. P. Veillon y G. Budowski constituyen excelentes ejemplos para el manejo de la cavidad, pero lamentablemente sus recomendaciones más importantes nunca fueron llevadas a cabo, mientras que otras se implementaron más de dos décadas después.

Se documenta la existencia en el pasado de la Cueva del Consumidero del Río Guaire en El Encantado al SE de Caracas, por donde las aguas del río seguían un tramo enteramente subterráneo de unos 200 m. El taponamiento de la cavidad se atribuye tanto a la gran crecida de octubre de 1892, como a causas antropogénicas.

*Palabras claves:* Cueva del Guácharo, Miranda, El Encantado, Ña Plácida, río Guaire, turismo.

### ABSTRACT

*Venezuelan Speleological History. Part 9. Francisco de Paula Álamo (1866-1943). The Eduardo Röhl Commission to the Guácharo Cave.*

Francisco de Paula Álamo contributed to the knowledge of Venezuelan caves, by writing about the Guácharo Cave and several others in the state of Miranda, based on his own experiences and also compiling the popular believes about them. He is the first one to publish photographs of Venezuelan caves.

In 1950 only a few months after the Government established the "Alexander von Humboldt Natural Monument" (Guácharo Cave), Dr. Eduardo Röhl was appointed to lead a Commission to visit the cave and present recommendations on conservation and tourist use. The reports written by E. Röhl and those of J. P. Veillon and G. Budowski are good examples for cave management. Unfortunately the more important recommendations were never carried out while others were implemented more than two decades later.

Existing documentation proves that the Guaire River in the El Encantado area, southeast of Caracas, flowed underground for about 200 m through the "Consumidero del Río Guaire" Cave. The great flood of October 1892, as well as anthropogenic intervention were the causes attributed to the blockage of the cave.

*Key words:* Guácharo Cave, Miranda, El Encantado, Ña Plácida, Guaire river, tourism.

### 1. FRANCISCO DE PAULA ALAMO (1866-1943)

#### Datos biográficos

Francisco de P. Álamo, nació en Caracas el 4 de septiembre de 1866 y murió en la misma ciudad el 28 de junio de 1943. Hijo de Ángel M. Álamo autor de numerosas obras en el campo de la agricultura. Estudió en los colegios Santa María y Villegas. Hizo estudios libres de física, química y botánica en la Universidad Central. Fue discípulo de Aristides Rojas y, por dos años, de Adolfo Ernst.

Fue colaborador de los periódicos *El Radical*, *El Siglo*, *El Tiempo*, *El Cojo Ilustrado*, *El Mirandino*, *Boletín* y *Revista del Ministerio de Obras Públicas*, y director de *El Heraldo de Miranda* (Ocumare del Tuy, 1908-1909). Divulgador de la ciencia en especial en los temas de las ciencias naturales, agricultura, botánica, espeleología, industria apícola y otras. Miembro fundador de la Junta Central de Aclimatación y Perfeccionamiento Industrial. Como funcionario público ocupa los siguientes cargos: Director de Riqueza Territorial del Ministerio de Fomento (1897); Profesor de Historia Natural de la Universidad Central (1899); Secretario privado del Presidente del estado Miranda (1908); Inspector Especial de Montes y Aguas (1916); miembro organizador de la participación venezolana ante las exposiciones internacionales de Chicago (1893), Atlanta (1895), San Louis, Missouri (1904), y San Francisco (1914).

Para mayor información biográfica y bibliográfica puede consultarse a PÉREZ-MARCHELLI (1988) y URBANI (1985, 1996).

#### Su contribución espeleológica

Francisco de Paula Álamo contribuyó al conocimiento de las cuevas venezolanas, al divulgar lo conocido de algunas de ellas, incluyendo creencias populares y observaciones propias. Casi toda la obra escrita de Álamo se refiere a temas relacionados con el estado Miranda. En 1911 publica el libro *El Estado Miranda*, que es la más importante recopilación histórico-geográfica de esta entidad federal, donde reimprime los artículos de carácter espeleológico que previamente había publicado en periódicos. Sus escritos tratan sobre las siguientes cavidades:

- Cuevas de El Encantado, al sureste de Caracas.
- Cuevas de La Guairita, al sureste de Caracas.
- Cueva de Guaicaipuro, al este de Los Teques.
- Cueva de Ña Plácida, al oeste de Charallave.
- Antro del Tigre, referido a la zona de Cúa y Ocumare del Tuy.
- Cueva del Guácharo, Monagas.

En *ÁLAMO* (1911b) también se reimprime la descripción de las cuevas del Peñón de Ocumare de Simón UGARTE (1869).

La reimpresión y análisis de los puntos de mayor interés de cada uno de estos trabajos se presentan a continuación.

*“Curiosidades geológicas de Venezuela. El Encantado”*  
(ÁLAMO, 1892, 1911b).

Describe en términos muy prolijos y poéticos al sitio de El Encantado. Este caso se analiza en el capítulo 3 en esta misma entrega, “La Cueva del Consumidero del Río Guaire”.

*“Grutas de la Guairita”* (ÁLAMO, 1893, 1911b).

Se refiere a las cuevas que se ubican en el actual Parque Recreativo Cuevas del Indio, El Cafetal, Caracas. No menciona por nombre a ninguna cavidad en particular, pero de una de ellas dice “... mide de 80 a 100 metros, haciéndose imposible penetrar más adelante por lo estrecho de las paredes de las galerías que se ramifican en todas direcciones”. Es posible que se trate de la Cueva El Pío (Mi.22), que junto a la Cueva del Indio (Mi.24), son las únicas de más de 100 m y a la vez bastante estrecha.

Refiere que Vicente Marcano (1848-1891) y Guillermo Delgado Palacios (1867-1931), habían estudiado el guano de estas cuevas y que tal materia podría ser utilizada con éxito en los cultivos de caña de azúcar del valle de Caracas. Nos dice: “... estas tierras fosfatadas... son realmente ricas en sustancias fertilizantes; y estando como están estos depósitos tan próximos a la línea férrea del (Ferrocarril) Central y con facilidades para su transporte, es posible que algún hombre emprendedor se fije en ellos y los explote para provecho de los campos de cultivo de Petare y alrededores”. De este párrafo se desprende que para 1893 dichas materias fertilizantes no habían sido explotadas (URBANI, 1997).

*“Espeleología”* (ÁLAMO, 1897a),

*“La Cueva del Guácharo”* (ÁLAMO, 1897b, 1911b)

Estos dos artículos son iguales, a excepción del primer párrafo que es de interés histórico, por ser la primera vez en que se utiliza el término *espeleología* al describir cuevas de Venezuela: “*Adoptemos desde luego este término (espeleología), con el cual últimamente describe el ingeniero don Gabriel Puig, las cavernas y simas más notables de España, según nos da cuenta en su última revista miscelánea el distinguido escritor don José Güell y Mercader, por encargo de la Dirección de EL COJO ILUSTRADO (Número 138, 15 de septiembre de 1897) y apliquémoslo a una sucinta reseña de los más notables por la historia y por las particularidades que ofrecen cuevas en que abunda el territorio venezolano.*” La referida obra de Gabriel Puig es la más afamada en el campo de la espeleología española del siglo XIX (DURÁN, 1996).

Continúa con una revisión de los estudios espeleológicos del país, mencionando a la Cueva del Guácharo y algunos de sus visitantes, como A. Humboldt, A. Codazzi, H. Karsten, A. Goering, H. Ten Kate y A. Scharffenorth. Hace especial hincapié en el trabajo de Scharffenorth, del cual toma las siguientes descripciones: “... Al extremo del Cuarto Maravilloso se encontró el viajero con una grieta de 5 metros

*del nivel del agua, bastante angosta pero precisamente capaz para permitir deslizarse por ella aunque en fuerte declive, que temía a cada instante rodar al abismo y a gatas y sufriendo el rasguño de las aristas de la piedra en las espaldas, oyendo el misterioso murmullo del arroyo subterráneo, llegó finalmente a otra gruta superior, pequeña de 20 metros, de techo de granujiento yeso y en donde se repletaba el agua formando un pozo de considerable profundidad. Llegado al fin de aquella gruta, se encontró nuestro viajero con una abertura o agujero, especie de canal de comunicación con el interior y a nado lo pasó, llegando al extremo, de lo que resultó ser el fin de la Cueva del Guácharo. Esta última galería de la célebre caverna no tiene estalactitas ni cristalizaciones, y el piso es una laguna sumamente profunda y de aguas frigidísimas. El viajero nos dice, que en la dura roca de sus paredes grabó las iniciales de su nombre y se revolvió con la insólita satisfacción de haber tocado los linderos de la magna Cueva”. Esta descripción basada en la exploración del geólogo Dr. Alfred Scharffenorth puede haber sido tomada de la traducción parcial de su obra que había publicado previamente ERNST (1891).*

También reseña la exploración de Anton Goering a las cuevas de la zona hoy conocida como Mata de Mango, extendiéndose en la descripción de la región. Cita la existencia de cuevas en la Cordillera de Mérida, sin mencionarlas específicamente.

Divulga los estudios realizados por A. Müntz y V. Marcano sobre el guano de cuevas venezolanas, terminando de la siguiente manera: “*Esas fuentes de la riqueza natural (guano), codiciadas por todos los pueblos cuya agricultura ha llegado al mayor desarrollo, yace inexplorada en Venezuela. Verdad es que se oponen a una explotación remunerada por la distancia a que se encuentran las más de ellas de los centros de comunicación y más poblados de la República y no seremos por eso nosotros los llamados a aprovecharlos para el abono de nuestros campos, si es que se sostiene por mucho tiempo las mismas causas que deploramos: falta de población y vías que abaraten los transportes*”.

*“El Antro del Tigre”* (ÁLAMO, 1910)

Este trabajo no describe ninguna cavidad en particular, pero reúne diversas creencias referentes a cuevas de la zona de los valles del río Tuy medio, a saber: “...desde tiempo inmemorial (se cree de la existencia), de una comunicación subterránea entre las grutas o cavernas del río Tuy, cerca de Cúa, a lo largo de la Serranía del Sur y los afloramientos calizos y peñascosos de San Bernardo, Ocumare y Súcuta, precisamente en la gran curva o incisión que describe el río al encaminarse al Norte del valle de Ocumare.

... las persecuciones de Rosete<sup>(1)</sup>, ... había lanzado a buscar asilo en estas agrestes guaridas a muchos patriotas distinguidos; y en medio de la impropicia fronda de la centenaria selva o bajo la negra bóveda de esas cavernas, por largo tiempo lucieron las blancas osamentas de los infortunados, quienes prefirieron acogerse a la inexorable naturaleza antes que al martirio que les preparaba el horrendo canario.

... las cuevas o cavernas del Súcuta, consagradas por una tradición secular como asilo de los proscritos y errantes

patriotas y también como albergue del fiero Cisneros<sup>(2)</sup>, el irreductible y tenaz guerrillero que se apellidaba restaurador de los dominios del Rey, en los propios momentos en los que las dianas del ejército... había pregonado hasta los sitios remotos las nuevas del triunfo de Carabobo y la absoluta independencia de la Patria...

Así, oímos frecuentemente mil versiones sobre los hechos memorables de este audaz guerrillero, en las comarcas del estado Miranda... se nos afirma como casos verdaderos... del hallazgo de objetos que le pertenecieron, escondidos en remotas cuevas; de los pasajes subterráneos del bandido entre precipicios desvanecedores o el descubrimiento ocasional de ignorado y lóbrego escondrijo donde se guarecía Cisneros de la activa persecución que le hacía el Gobierno...

Cisneros se refugiaba en sus incursiones del alto Tuy y de la ruta de "Los Pilonos", poblada de desfiladeros estrechos y peligrosísimos, en las cavernas de la región de Súcuta..."

(1) Francisco Rosete (Canarias, España - Anzoátegui 1816) fue un combatiente en las filas realistas.

(2) José Dionisio Cisneros (Baruta 1793 - San Luis de Cura 1847) fue un famoso guerrillero de supuesto origen indígena, apodado "El último realista". Después de la batalla de Carabobo (1821) quedó alzado contra el gobierno, con la esperanza de restaurar el régimen monárquico. Actuó en los valles del Tuy y Barlovento desde 1821 hasta 1831, cuando se rindió al general José Antonio Páez (BENCOMO, 1988).

"El Peñón de Guaicaipuro" (ÁLAMO, 1911a)

Nos habla de la historia del Peñón, mencionando la Cueva de Guaicaipuro (Mi.65) (CRUXENT, 1944; SVE, 1993), "... No frecuentemente se tiene oportunidad de encontrar en esta región alguna huaca o botija, conteniendo huesos humanos y los objetos con los cuales enterraban al difunto. Por esto llamó la atención el hallazgo de algunos objetos muy interesantes en una botija descubierta en el sitio de San Corniels, inmediato a la Cueva de Guaicaipuro. San Corniels dista 4 o 5 kilómetros de la población de Los Teques y es precisamente el flanco o estribo principal del cerro o afloramiento rocalloso llamado "Peñón de Los Teques" célebre en la historia de Guaicaipuro. La tradición señala el Peñón de Los Teques como el sitio de refugio del cacique Guaicaipuro. El sitio escueto, mirando como un atalaya el país circundante, la perpendicularidad de sus flancos que le dan mayor elevación desde lejos, y la cueva o gruta que se abre debajo de las altas rocas a manera de una fortaleza almenada, da pábulo a la conseja y aguijan la fantasía, tanto más impresionable cuanto la naturaleza agreste de la localidad asocia el recuerdo de un héroe casi legendario..."

"La Cueva de Ña Plácida" (ÁLAMO, 1911b)

De los escritos con contenido espeleológico de Álamo, este es el único que describe una cavidad con cierto detalle, e inserta la descripción de otro "viajero" desconocido. La Cueva de Ña Plácida (Mi.42) aparece publicada en SVE (1973). A continuación se transcribe su descripción: "... A distancia de una legua al oeste de Charallave, y cerca de un lugar llamado "Campo Alegre" existe una caverna conocida generalmente

con el nombre de Ña Plácida. La entrada de dicha gruta es por la parte que mira al Oriente y tendrá aproximadamente metro y medio o dos de altura, siendo el ancho visible de la base de las rocas de cinco a seis. Para descender al interior de la gruta se tropieza con algunas dificultades y como la piedra es inclinada y resbaladiza, hay que quitarse el calzado y bajar apoyado en cuerdas que se atan sólidamente a la entrada.

Como a veinte y cinco o treinta metros de profundidad se encuentra la primera sala, un espacio como de cinco metros cuadrados donde apenas llega la luz solar débilmente. En esa sala se encuentra una concreción cristalina de piedra que al hierirla con un martillo u otro instrumento vibra como una campana, debido quizás a su homogeneidad. De esa sala parte en dirección del Sur, un pasadizo o galería angosta como de un metro, que conduce a la segunda sala, del mismo tamaño poco menos que la primera y cuyo piso está cubierto con las deyecciones de los murciélagos y aves nocturnas que allí tienen su guarida.

De la segunda sala, parten o irradian varias galerías, ascendiendo varias al interior de la montaña, descendiendo otras, pero tan angostas que se hace difícil su acceso; algunas de estas galerías tienen salidas hacia fuera de la roca, y son como balcones de donde se divisa el panorama circundante y de aspecto agreste. Por todas partes de estas grutas se encuentran estalactitas y por consiguiente gran humedad proveniente de las infiltraciones a través de las capas de las rocas; sobre todo en la época de las lluvias.

Un viajero describe así la sensación que le produjo la visita de las cuevas: "Desde que se llega frente a esta Caverna, se experimenta un vago temor, a la idea de descender por esos subterráneos al corazón de la montaña; las bóvedas, los peñascos, la pátina que el tiempo ha impreso en las rocas, las queiebras y anfractuosidades de las masas rocallosas, los efectos de luz que proyecta sombríos tintes hacia el interior de las simas; el pensar que una vez dentro podría desplomarse cualquiera de aquellas bóvedas y sepultarnos para siempre, y el misterioso eco que producen las piedras lanzadas expofeso para espantar cualquier bicho ponzoñoso; todo ese cuadro sobrecoge y pone espanto aun a los más audaces y es muy frecuente que después de protestar valor y resolución para penetrar en las cuevas, retornen muchos sin haber penetrado en la cueva de Ña Plácida.

"A los que como nosotros fuimos armados de resolución e impulsados por ese secreto coraje del amor propio empeñado, reserva aquella gruta, el encanto de sus maravillas, pues nada más raro y caprichoso que aquella diversidad de formas de las piedras ya formando nichos en las paredes, recubiertas de facetas, ya pilares o columnas graciosas unidas por sus capiteles al cielo de la bóveda, o escaleras ascendentes como las de nuestros púlpitos, resguardadas por su barandilla o pasamanos de piedra luciente, cristalina y quebrando en mil colores la luz de los hachones".

En la cueva Ña Plácida encontró un amigo nuestro muy partidario de estas excursiones, algunas armas antiguas, como trabucos y cubanos; por supuesto perdidas por la oxidación que en esas cuevas descompone el aire cargado de nitrato, y huesos, observando las señales de haber sido campamento de

alzados, bien fueran federales o quizás con más probabilidades, patriotas huyendo de la persecución española”.

## BIBLIOGRAFIA

- ÁLAMO F. de P. 1892. Curiosidades geológicas de Venezuela. El Encantado. *El Cojo Ilustrado*, 24: 408. Reimpreso en: ÁLAMO (1911b).
- 1893. Las grutas de La Guairita. (Publicado en un periódico no identificado, probablemente *El Tiempo*, hallado como recorte en la Biblioteca del Dr. E. Röhl). Fechado el 14 nov. Aparece firmado con su seudónimo de Stentor. Reimpreso en: ÁLAMO (1911b).
- 1897a. Espeleología. *El Cojo Ilustrado*, 141: 812, 1 nov. Firmado octubre 1897. Este mismo artículo pero sin el primer párrafo aparece en ÁLAMO (1897b).
- 1897b. La cueva del Guácharo. (Publicado en un periódico no identificado, probablemente *El Tiempo*). Reimpreso en: Alejandro FUENMAYOR. Sin fecha, circa 1940. *Novísimo libro tercero de lectura. Formado exclusivamente con autores venezolanos para uso de las Escuelas Primarias de la República*. Italia, p. 235-239.
- 1910. El antro del tigre. *El Mirandino* (Órgano de los intereses generales del estado, Ocumare del Tuy), 1, 2(8): 1. Sábado 26 de febrero. Reimpreso en: *El Cojo Ilustrado*, Caracas, 436: 110-112. 1910.
- 1911a. El Peñón de Guaicaipuro. *El Cojo Ilustrado*, 474: 517-518, 15 sept. Reimpreso en: *El Semáforo*, Carúpano, 11 enero 1912.
- 1911b. *El estado Miranda. Publicación ordenada por el Gobierno del estado Miranda*. Caracas, Tip. Emp. El Cojo, xi, 337p
- 1930. *Hoja de servicios de Francisco de Paula Álamo*. Documento elaborado por el mismo F. de P. Álamo. Propiedad de la Sra. Antonicta Suárez de Mier y Terán. Publicado en URBANI (1996).
- BENCOMO BARRIOS H. 1988. Cisneros, José Dionisio. *Diccionario de Historia de Venezuela*. Fundación Polar, Caracas. Tomo A-D: 685-686.
- CRUXENT J. M. 1944. La Cueva de Guaicaipuro. Contribución a la espeleología venezolana. *Revista Nacional de Cultura*, 46, 22 p. Reimpreso en *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., Caracas, 34: 34-44, 1994.
- DURÁN VALSERO J. J. 1996. Gabriel Puig y Larraz: apuntes para una biografía. *Boletín Museo Andaluz Espeleología*, 10: 5-6.
- ERNST A. 1891. Caripe y la Cueva del Guácharo. *Bol. Min. Obras Públicas*, Caracas, (55): 3-4. 21 feb. Reimpreso en A. ERNST. *Obras Completas*. Ed. Presidencia de la República, Caracas, 7: 204-209, 1988.
- PÉREZ MARCHELLI H. 1988. Álamo, Francisco de Paula. *Diccionario de Historia de Venezuela*. Fundación Polar, Caracas. Tomo A-D: 85.
- SVE - SOCIEDAD VENEZOLANA DE ESPELEOLOGÍA. 1973. Mi.42 - Cueva de Ña Plácida. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 4(2): 201-204.
- 1993. Mi.65 - Cueva de Guaicaipuro. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 27: 57.
- UGARTE Simón. 1869. Una visita a las grutas del Peñón (Valles del Tuy). *Vargasia*, Caracas, 5: 104-105. Reimpreso en ÁLAMO (1911b). Otras reimpresiones y detalles bibliográficos en URBANI (1981).
- URBANI F. 1981. Simón Ugarte y su descripción de las cuevas del peñón de Ocumare del Tuy de 1869. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., Caracas, 20: 7-12.
- 1985. Bio-biografía de Francisco de Paula Álamo (1866-1943). *Bol. Historia Geociencias Venezuela*, 9: 1-22.
- 1996. Documentación referente a Don Francisco de Paula Álamo (1866-1943), un divulgador de la espeleología. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., Caracas, 39: 65-86.
- 1997. Historia espeleológica venezolana. Parte 8. Gaspar Marciano (1850-1910). Vicente Marciano (1848-1891). Exploraciones de Juan de Dios Montserrate en 1894. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 31: 37-52.

## 2. LA COMISION EDUARDO RÖHL A LA CUEVA DEL GUÁCHARO, 1950

### Introducción

En el Decreto no. 190 del 16 de julio de 1949, la Junta Militar de Gobierno declara “...la Cueva del Guácharo ‘Monumento Natural’ en homenaje al sabio Alejandro de Humboldt”, además expresa que el Ministerio de Agricultura y Cría (MAC) “... dispondrá la construcción de las obras anexas que se estimen necesarias para la protección, conservación y vigilancia de la referida gruta, y procederá a dictar las medidas reglamentarias a las cuales deban quedar sujetas las personas que la visiten...” (URBANI, 1980: 14). Al año siguiente, el MAC nombra una Comisión presidida por el Dr. Eduardo Röhl, para visitar la Cueva y presentar las recomendaciones pertinentes para su conservación y mejorar las facilidades para el turismo. La Comisión queda integrada adicionalmente por el médico Eugenio P. De Bellard y el Ingeniero Forestal J. P. Veillon. Salen de Caracas el 26 de mayo de 1950 acompañados del fotógrafo alemán Werner Cohnitz. En meses sucesivos el Dr. Eduardo Röhl y los ingenieros Veillon y Gerardo Budowski presentan sus respectivos informes.

### Aspectos biográficos

Eduardo Röhl nació en Caracas el 15 de mayo de 1891 y murió en Hamburgo, Alemania, el 8 de diciembre de 1959 (Fig. 1). Su educación se inició en Caracas, pasando luego a la Escuela Superior de Hannover en Alemania graduándose de Agrimensor. Tuvo una destacada carrera en el campo de las ciencias naturales, en especial la zoología, meteorología y química. Fue director del Observatorio Cajigal desde 1937 hasta 1958, desde donde realiza una importante labor, entre otros el inicio de la adquisición de equipos de astronomía, que hoy se encuentran en el CIDA en el estado Mérida y el “Planetario Humboldt” de Caracas. Su bibliografía conocida consta de 100 títulos entre artículos y libros (URBANI, 1985). Sus obras que han tenido más impacto son “*Fauna descriptiva de Venezuela*” y los “*Exploradores famosos de la naturaleza venezolana*”. Junto a José Nucete Sardi concluyen la traducción iniciada por Lisandro Alvarado de los “*Viajes por las regiones equinociales del Nuevo Continente*” de Alejandro de Humboldt. Dejó inconclusa su obra “*Historia de las ciencias geográficas de Venezuela*”, publicada sólo recientemente (RÖHL, 1990).

El Dr. Eugenio Pignat De Bellard Maldonado (1885-1969) integró la Comisión, pero no se conoce ningún informe sobre la Cueva del Guácharo de su autoría. Fue un médico de distinguida labor pública y privada. Su bibliografía médica alcanza los 76 títulos. Siempre preocupado por la protección del medio ambiente, contribuyó, entre otros, con los proyectos de la creación del Parque Nacional Sierra Nevada. Es el padre de Eugenio De Bellard Pietri, quien junto a Juan Antonio Tronchoni y Roberto Contreras, en marzo de 1952 fundan la Sección de Espeleología de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales. Para mayor información biográfica puede consultarse a DE BELLARD (1985).

Hasta la fecha no hemos podido reunir información biográfica de los ingenieros J. P. Veillon y Gerardo Budowski.

### Sección documental

Las únicas obras relacionadas con espeleología que conocemos de E. Röhl, J. P. Veillon y G. Budowski, son los informes sobre la Cueva del Guácharo que presentaron al MAC en 1950 y que se reproducen a continuación, obviando aquellos párrafos de escaso interés espeleológico.



Fig. 1. Retrato de Eduardo Röhl.

#### 1. Informe de E. Röhl a Amenodoro Rangel Damus, Ministro de Agricultura y Cría (15-6-1950)

*"En cumplimiento a los particulares expresados en su... de fecha 17 de abril del año en curso, se trasladó el suscrito en compañía del Dr. J. P. Veillon, Ingeniero Forestal del Ministerio a su digno cargo, así como el Dr. E. P. De Bellard, formando conjuntamente la Comisión de estudiar, tanto las medidas reglamentarias que deban acatar los visitantes a la Cueva de Guácharo, declarada "Monumento Natural Alejandro de Humboldt" en fecha 15 de julio de 1949, así como también las obras y medidas que se juzguen necesarias para la conservación y vigilancia de la referida caverna... siguiendo la vía de Cumaná, a cuyo puerto se llegó el día jueves 25 de mayo.*

*En dicha población nos fue prestada la oportuna y competente ayuda del Sr. Rafael Ángel Salazar, Inspector Forestal del MAC, quien nos preparó y facilitó eficientemente todos los detalles para la conducción y otros particulares de la Comisión, desde Cumaná a Caripe, a cuya ciudad llegamos el día viernes 26. Aquí fuimos recibidos por el Sr. Humberto Luongo C., Jefe de la Oficina Forestal, quien oportunamente había sido participado del objeto de nuestro viaje, preparando así todo lo conducente para el traslado e inspección a la Cueva del Guácharo.*

*Solucionado todos los preparativos para la visita, como: Guía, conductores, bestias, etc., partimos de Caripe en la mañana del domingo 28, cuya altura sobre el nivel del mar es de 870 m (altozano de la iglesia) y de acuerdo con nuestra nivelación barométrica, en dirección a la célebre gruta.*

*La distancia de Caripe hasta el paso de la quebrada "La Cueva del Guácharo", que atraviesa la actual carretera y sitio donde tuerce el camino de recuas que conduce hasta la Cueva, es de 6 km aproximadamente ... Este pequeño ramal, transformado en vía para automóviles, es la primera obra que nos permitimos recordar ejecutar. Calculamos su trazado en unos tres meses de trabajo. Su desnivel es poco si consideramos las respectivas cotas de 1.014 m y 1.066 m entre el empalme en la carretera actual y el piso de la Cueva.*

*Recomendamos que el punto terminal de dicha vía no deba llegar directamente hasta la pequeña planada frente al pórtico de la Cueva, sino unos 100 m antes, con el objeto de los autos, etc., no interrumpan en su estacionamiento la magnífica vista de la Cueva que se abre al viajero desde este sitio, así como también impedir de que el ruido natural de los carros sea perjudicial a la tranquilidad y costumbres de los guácharos, y que puede ser causa de que lentamente se vayan ahuyentando de la Cueva, lo cual hay que tratar de impedir en todas formas que este a nuestro alcance, pues, estas aves complementan una de las típicas e interesantes características de la célebre Cueva.*

*Así pues, hay que cuidar y fomentar la estancia de ellas en el interior de la gruta, y ahora sobre todo, si consideramos que con las facilidades que se realizarán, se aumentará notablemente el número de visitantes. Por las mismas razones el toque de cornetas y ruidos innecesarios se prohibirá terminante en todos los alrededores de la Cueva.*

*En la plazoleta frente a la entrada de la Cueva, se ha ido formando lentamente un pequeño caserío de unos 8 ranchos,*

y lo que es más grave para el objeto de conservar la tranquilidad que son condiciones primordiales de la vida de los guácharos, es un rancho-caney techado y tapiado con brillantes planchas de aluminio, de 9 x 4 m y situado directamente frente al pórtico de la Cueva... Esta barraca, cuyo dueño es el Sr. José León Safón, la tiene destinada para expendio de licores principalmente (Botiquín) y está acondicionada con un motor de gasolina y dínamo para producir la energía necesaria al aparato de radio y gramófono con su correspondiente amplificador (Pick-up), para bailar en las horas de la tarde y de la noche. Como es fácil suponer, toda esta instalación es de fatales condiciones para el fin que perseguimos. Reconocemos por lo consiguiente que todos estos ranchos deban situarse mucho más lejos de su actual sitio y prohibir inmediatamente, por las razones expuestas, que continúe funcionando el motor de gasolina del Sr. Safón, así como pedir el traslado del rancho-botiquín a una distancia muy apartada.

En vista de que el Gobierno Nacional, por conducto del MAC, tiene especial interés en fomentar y facilitar a los visitantes y turistas en general el acceso a la Cueva del Guácharo... entre las principales e imprescindibles mejoras a realizar, se necesita construir una casa-oficina ad hoc, la cual se situará lejos de la plazoleta en cuestión cercana a la entrada y la cual tendrá las siguientes finalidades:

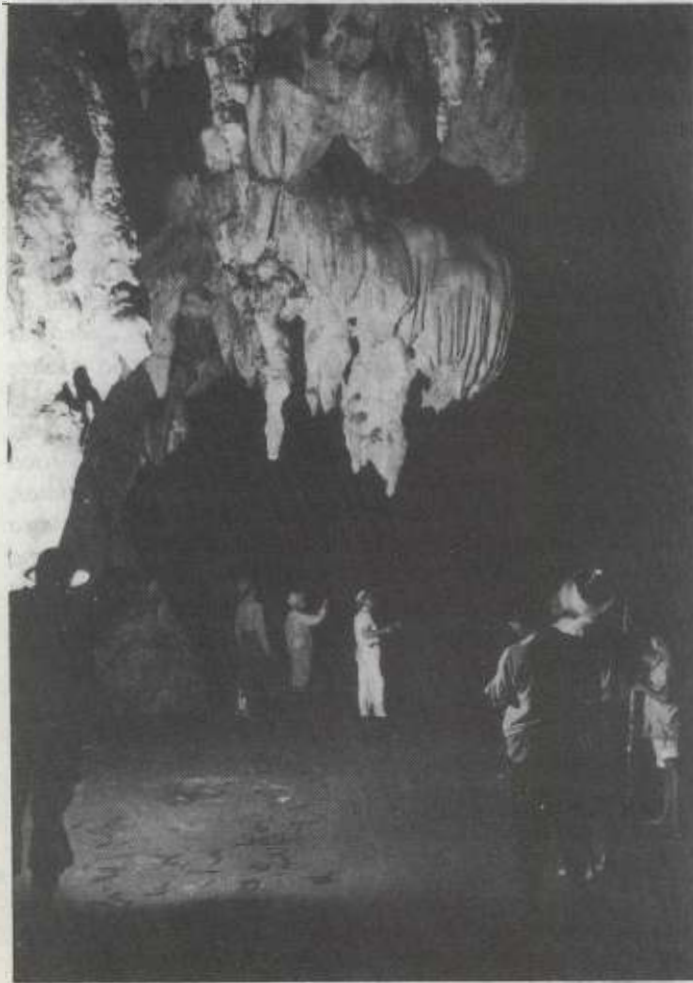


Fig. 2. Vista de la Cueva del Guácharo. El Dr. Eduardo Röhl se encuentra en el centro con ropa blanca. Fotografía W. Cohnitz.

Casa de habitación para los encargados oficiales del cuidado y orden de la Cueva. Oficina donde los visitantes estarán obligados a inscribir sus nombres, etc., en libro especial que para el efecto se llevará en dicha oficina. Esta casa deberá estar acondicionada para que los turistas puedan prepararse debidamente, con los vestidos y calzados propios a la vista de la húmeda Cueva, cuya inspección obliga a caminar largos trechos entre un arroyo (Se practicó un análisis químico del agua de este arroyo, captado en la propia entrada y con las reglas del caso...) que serpentea en medio de la Cueva y cuyo cauce, aunque apenas tiene unos 20 a 30 cm de hondo por unos 2 m de ancho en la época de las lluvias, pues en el verano desaparece casi completamente, es la vía más conveniente a seguir en la excursión. Así mismo hay que considerar que en casi todos los meses del año, caen algunas gotas de agua desde el alto de la gruta, todo lo cual implica traje adecuado.

Se deberá sembrar árboles altos frente a dicha casa, con el objeto de aislarla a la vista panorámica de la región, para no interrumpir el ambiente natural de los alrededores de la Cueva. Igualmente se tratará de que la iluminación de esta oficina, por ningún respecto llegue a iluminar, ni a la distancia, las cercanías de la entrada, con el mismo objeto explicado de no molestar a los guácharos, aves de por sí de vida nocturna o crepuscular y por consiguiente enemigo de la luz artificial.

Estos pájaros acostumbra a salir de la inmensa Cueva, en las horas avanzadas del crepúsculo, es decir, en las horas cercanas a la prima noche y de acuerdo con los meses del año. Así pues, en general, toda claridad producida por luces artificiales situadas cerca de la entrada de la Cueva, deben prohibirse terminantemente. Los guácharos (*Steatornis caripensis* Humb.), después de haber procurado sus alimentos, consistentes en frutos de ciertos árboles que crecen en las densas montañas cercanas a la Cueva (Mataca, Cobalonga, Palmito, Currucay o Tacamahaco, Laurel, etc.), regresan a sus nidos desde las horas de la media noche hasta las cercanas que preceden al crepúsculo matutino, pero siempre bastante antes de la claridad natural del día.

#### DESCRIPCIÓN SOMERA DE LA CUEVA DEL GUÁCHARO

El piso de la entrada de esta caverna, está a 1.065 m sobre el nivel del mar, de acuerdo con observaciones barométricas correspondientes con Cumaná y Carúpano, ejecutadas con barómetro de Fortín en junio de 1943 por Röhl. Está, pues, a 95 m sobre el altozano de la Iglesia de Caripe.

El alto y ancho del pórtico tienen correspondientemente 18 y 22 m, de acuerdo con las medidas de Humboldt en 1799. El primer y gran salón de la Cueva tiene 815 m de largo y conserva una altura media de 20 m según las mediciones del Coronel Codazzi en 1835, conservando este primer salón, casi el mismo desnivel, con excepción de algunos pasos intermedios que son más altos. La altitud del piso, en el final del gran salón, en el sitio llamado "El Chaguaramo", es de 1.080 m. Desde los 400 m en adelante está habitado por los guácharos, que anidan en los sófitos y cornisas altas de la caverna, llenando con sus innumerables gritos, un estrépito indescriptible en todo el ámbito de la grandiosa Cueva.

En algunos puntos de este primer trayecto, se impone la



necesidad fabricar pequeños tramos escalonados de madera, para facilitar al viajero los accesos difíciles y peligrosos.

Al final de la primera caverna descrita o "Salón de los guácharos", hay que pasar agachado al segundo salón, por un pequeño túnel de unos 10 m de largo por 1,2 a 1,5 m de alto. Este trayecto, actualmente cubierto en parte por el guano y frutos que expelen los pájaros, se puede ensanchar fácilmente para darle más altura, sacando con palas esta masa de guano, según explicó el guía Ramón Alén, facilitándose notablemente el paso por el pequeño túnel.

Al salir de esta galería, el terreno ofrece en suave declive, terminando en una extensión de unos 50 m, en un piso de fuerte pendiente que conduce al arroyo. Este último trecho, de unos 10 m, está constituido por greda sumamente resbaladiza y pegante en sus últimos escalones situados a la orilla del agua. Este arroyo, que es el mismo que se encuentra en toda la Cueva, aparece otra vez aquí, después de seguir varios trechos por la vía subterránea.

En este sitio es también indispensable construir un juego de gradas de madera de corazón con su correspondiente pasamanos y todo debidamente anclado para obtener firmeza considerando el suelo blando y gredoso.

Este segundo cuerpo, el cual conserva la misma dirección primitiva noreste, tiene unos 190 m según Codazzi y es llamado por su particularidad de no oírse más el canto de los guácharos, "El Silencio". El riachuelo sigue en todo su trayecto, su curso superficial, terminando en la "Poza de Humboldt", donde hay un pequeño pozo con una roca lisa a la izquierda donde se ve grabado el nombre del naturalista alemán Antonio Goering (A. Goering), quien visitó Venezuela en los años de 1867 a 1874. En la parte alta de esta roca se encuentra una angosta abertura longitudinal que apenas permite el paso de una persona de lado. Según Alén, algunas personas han pasado por ella, no sin cierta dificultad, pues, es obligado a entrar después, bajando, en un pozo de agua de unos 1,5 a 1,8 m de profundidad, según las épocas del año. Este paso es solamente factible en los meses del verano. Siguen después otras cavernas que no han sido mutiladas y se encuentran en su estado original.

Retrocediendo por el salón "El Silencio", se penetra del lado derecho, en otras cuevas, cuyas particularidades en ellas e interesantes formaciones calcáreas, son estalactitas y estalagmitas, son consideradas como de las más hermosas y atractivas de la Cueva del Guácharo.

Antes de subir a estas galerías hay que escalar otro buen trecho de las mismas condiciones resbaladizas descritas anteriormente. También en este lugar hay que levantar gradas de madera en la misma forma anotada.

La primera gruta de esta ocasión, es conocida por "Cuarto Precioso" y es tal vez la más interesante de todas. Desgraciadamente gran parte de las estalactitas y estalagmitas de estos salones han sido destruidas por anteriores visitantes. La cueva contigua y última de la Cueva del Guácharo, por esta vía se llama "Salón de los Pechos". Su altura según nuestras observaciones barométricas, es de 1.103 m, de manera que está elevado sobre el piso de la entrada en 38 m. La altitud de la "Poza de Humboldt" tiene 1.080 m sobre el nivel del mar. Este último nombre dedicado

a la memoria del sabio viajero, no tiene en realidad razón de ser, pues, Humboldt no pudo pasar de los 472 m en el primer salón, debido a que los indios chaymas que lo acompañaban, se negaron a seguir más adelante por razón de sus ideas supersticiosas.

En el reglamento que el Ministerio dictará, se prohibirá terminantemente, a pena de las sanciones del caso, a todo aquel que rompa a mutile o que se lleve consigo cualquier fragmento de la Cueva. Así mismo se prohibirá a los visitantes, pintar o inscribir de cualquier forma, nombres en las paredes de la Cueva.

Tuvimos oportunidad de observar que en todo el trayecto se encontraban tiradas en los suelos, gran cantidad de botellas, frascos de vidrios, latas, papeles, etc. Es necesario proceder a quitar todos estos objetos, que por un lado tienen el peligro de poder herir a los visitantes que caminan descalzos, además de ensuciar y afear la Cueva. Hay que considerar también en el Reglamento la prohibición de botar toda clase de objetos en todo el recinto.

Gran parte de las interesantes formaciones calcáreas se encuentran ennegrecidas por el humo de los hachones que anteriormente se usaban para alumbrarse. Estos resinosos hachos se cortaban de un árbol llamado Candil que crece en las cercanías de la Cueva. Hoy está prohibido su uso.

He aquí en rasgos ligeros el aspecto de la maravilla natural Cueva del Guácharo, considerada desde Humboldt como una de las más estupendas de todo el orbe por sus especiales características.

Resumiendo los principales puntos expuestos anteriormente en este informe que pueden ser útiles para la formación del Reglamento, así como ciertas sugerencias relativas a las mejoras que hay que aportar y considerar para el fomento del turismo a esta Cueva, indicamos los siguientes:

- Construcción del ramal de carretera de 2,5 Km. Terminal unos 100 m antes de la entrada.

- Prohibición de tocar cornetas en general, en todo el trayecto del nuevo ramal.

- Se permitirá el paso de vehículos solamente entre las horas de 8 am a 5 pm. Desde las 5 horas deberá desocuparse la vía, o por lo menos 1 Km antes de la Cueva.

- El uso de hachos o cualquier otro leño resinoso se prohibirá para el alumbrado de la Cueva. Solamente se permitirán las linternas de gasolina o kerosene de no más de 500 bujías y así mismo las eléctricas de mano usuales. Estará terminantemente prohibido alumbrar y molestar a los guácharos en sus sitios de descanso así como también en sus vuelos cerca de la entrada.

- Se construirá una casa-oficina, situada a unos 200 m distantes de la entrada, destinada a los usos indicados.

- Queda prohibido terminantemente, tanto en la Cueva como en los terrenos propios del "Monumento Natural Alejandro de Humboldt", cazar, coleccionar, etc. especímenes de la flora y fauna de la región.

- Es indispensable proceder a levantar un plano detallado de la Cueva, para hacer una reducción del mismo y acompañarlo en una guía ilustrada con los pormenores históricos e interesantes de la célebre Cueva del Guácharo, para el uso de los visitantes. El precio será asunto de estudio,

así como los derechos de casa y guía.

- En relación al cuidado que hemos citado de no molestar a los guácharos, nos remitimos a los ejemplos siguientes:

Según nos refirió, tanto el Sr. Félix Jerónimo Cabello, Inspector Forestal..., así como el Sr. Ramón Alén, Guía de la Cueva, dicen que hace algunos años, un grupo de personas de Cumaná trajeron una banda de música, junto con un motor de gasolina portátil y dinamo, con el objeto de bailar en el interior de la Cueva, alumbrando con potentes reflectores los nidos de estas aves situadas en las bóvedas altas de la caverna. El resultado de tan descabellada y ridícula ocurrencia, motivo de que todos los guácharos se ahuyentaron por cerca de un año de la Cueva, regresando después poco a poco. Tenemos la impresión de que actualmente los guácharos han escaseado en comparación con años anteriores".

## 2. Anteproyecto de acondicionamiento de la Cueva del Guácharo y de sus alrededores para el turismo.

Por Ing. J. P. Veillon (junio 1950)

"La Comisión nombrada... salió el 25 de mayo de 1950 para Caripe a fin de dar cumplimiento a las órdenes del ciudadano Ministro y regresó el 29 del mismo mes...

Según informes recibidos en Caripe y en El Guácharo, los alrededores de la cueva son terrenos ejidos del municipio... El municipio... obsequió al Gobierno... una parcela de terreno en el cerro la cual comprende la entrada de la cueva y los terrenos situados arriba. Esta parcela fue levantada por un ingeniero del Gobierno Federal...

Directamente frente a la entrada de la cueva, al otro lado de la quebrada, se encuentran 9 casas y ranchos que por cierto no embellecen el lugar. Dichas casas ocupan parte de un terreno de inclinación muy suave, ocupado por cafetales y cultivos y limitando el Suroeste por un peñón y en otros lados por quebradas...

FACILIDADES PARA EL TURISMO EN LA ACTUALIDAD. Prácticamente no existen... En las inmediaciones de la cueva, no hay ninguna posada o restaurante sino únicamente un botiquín donde se expenden bebidas gaseosas, licores y otras bebidas alcohólicas y también varias conservas alimenticias como en todas partes de Venezuela... No hay por ahora, ningún acondicionamiento en el interior de la cueva. Lo que hace dificultosa la visita es la caminata por la quebrada misma y sobre todo, por las laderas empinadas de textura arcillosa, sumamente resbalosas. De manera que dicha visita todavía es una expedición que no todos pueden emprender...

Había destrozos de estalactitas y estalagmitas, pero por suerte, estos daños quedaron limitados y hoy en día, apenas llaman la atención del visitante. El humo de las antorchas de la leña del árbol llamado "candil", hasta hace poco utilizadas para el alumbrado, ensució grandes superficies de rocas. Lo mismo se puede decir de los millares de firmas de los visitantes escritas con lápiz o varillas carbonizadas, sobre peñascos o estalagmitas...

VIGILANCIA. Desde unos años, las medidas tomadas por el MAC, pusieron prácticamente un término a la caza y matanza de guácharos como los destrozos de estalactitas y estalagmitas. Hace poco se cambió el sistema de alumbrado de antorcha por el de lámparas de gasolina. El señor Alén está

encargado de la vigilancia a fin de hacer respetar las instrucciones del MAC... recibe un sueldo por tal servicio. Además él atiende a los visitantes y les sirve de guía en la cueva...

LA CUEVA DEL GUÁCHARO Y SU SITIO EN EL TURISMO NACIONAL. Entendemos que el MAC quiere poner la cueva al avance del gran turismo, lo que merece dicha cueva por su grandiosa belleza. Por suerte, tiene la Cueva del Guácharo una situación sumamente favorable para este propósito...

El acondicionamiento de la cueva y de sus alrededores será otro eslabón para atraer turistas a este valle, lo que contribuiría al desarrollo de la región. Damos más abajo nuestro juicio sobre el particular... Para llegar cómodamente a la cueva, se necesita la construcción de una carretera desde la que enlaza a Caripe con Maturín y Cumaná...

El terreno plano, frente a la cueva, tendrá que acondicionarse como parque... Recomendamos crear un parque forestal, es decir, conservando los cafetales con sus numerosos y grandes árboles de sombra y plantando árboles en las partes desnudas. La ventaja de un parque forestal es que, una vez crecidos los árboles es muy bello, dando sombra y deja al lugar un aspecto grandioso y de naturaleza casi virgen, además no necesita cuidado... No vemos ninguna necesidad de poner cercas, pero si, unos bancos en el parque...

Con el propósito de facilitar comodidades a los turistas durante su permanencia en los alrededores de la cueva, se podrá edificar una posada rústica. Esta posada tendrá que facilitar buena comida a la gente y podría tener también unas pocas camas para turistas que quisieren quedarse más de un día en este rincón tranquilo. Además se construirá un kiosco de algún tamaño, con fuente de agua potable y sanitarios para permitir al público abrigarse en tiempo de lluvia y tomar picnics. Habrá también que construir una casa para la familia del guarda-jefe, con oficina y depósito. Las otras casas para guardas, peones, campesinos tendrán que quedar fuera del parque. Claro que para estos edificios sería necesario construir acueductos, cloacas o pozos sépticos y una planta eléctrica. El agua se tomará de la quebrada cercana. Estos edificios tendrán que edificarse arriba del parque, es decir a unos 150-200 m de la entrada de la cueva. Entre dichos edificios y la cueva estará el parque arbolado, zona de silencio y de descanso enfrente de la Cueva...

Además de un acondicionamiento de un pequeño parque en el terreno plano del frente, estimamos adecuado crear un Parque Nacional comprendiendo todos los alrededores de la cueva, o sea el tramo del valle del Guácharo, desde más o menos 500 m, río abajo de la cueva, hasta más o menos 1 Km, río arriba y esto hasta las filas de las montañas, o sea aproximadamente 600 hectáreas...

ACONDICIONAMIENTO DE LA CUEVA. Desde el final de la carretera, un sendero de granzón y arena tendrá que llegar a la cueva, pasando la quebrada por un puentecito de madera. En la cueva misma, habrá que arreglar un camino que permita la fácil visita a todos los salones. El camino se puede arreglar con picos y palas utilizando una capa de granzón o de concreto en las partes resbalosas y arcillosas, como escaleras de madera dura y resistente para pasar las resbalosas laderas de arcilla. Habrá también que arreglar los pasos en, o a través

de la quebrada, con puentes o camino en la ribera para evitar que los visitantes tengan que caminar en el agua.

*EL ALUMBRADO DE LA CUEVA:* Por suerte ya se prohibió el alumbrado por antorchas cuyo humo ensució las paredes de la cueva. El alumbrado ideal para una cueva abierta al gran turismo es el eléctrico. Un alumbrado eléctrico bien comprendido y discreto facilita la visita y pone bien en evidencia las bellezas de una cueva. El Dr. Röhl es opuesto a tal alumbrado, por temor de molestar a los guácharos hasta hacerlos huir para siempre. El alumbrado actual pues, el guardia con lámparas de gasolina no demasiado fuertes, parece ahora el más adecuado según los naturalistas...

Damos... unas proposiciones de reglamentos.

#### REGLAMENTO EN GENERAL PARA LA CUEVA

1. Nadie puede entrar a la cueva sin previo aviso y sin pedir la autorización al guardia-jefe de la cueva o a su reemplazante.
2. Salvo autorización especial del Ministerio de Agricultura y Cría, las visitas a la cueva se hacen bajo conducción de un guardia.
3. La cueva está cerrada al público entre las 5 p.m. y las 8 a.m.
4. Está terminantemente prohibido quebrar rocas, estalactitas y estalagmitas, llevarse piedras y cristales como ensuciar el agua y la cueva en general.
5. Está prohibida la caza y matanza de guácharos y de cualquier animal en la cueva y en los parques adyacentes, como también molestarlos de cualquier manera, excepción hecha de experiencias científicas, por autorización especial del Ministro de Agricultura y Cría.
6. Está prohibido dañar y modificar cualquier instalación en la cueva o en el parque.
7. Se prohíbe escribir y ensuciar las paredes y estalagmitas de la cueva como llevar antorchas o cualquier objeto susceptible de ensuciarlas.
8. Toda infracción a este Reglamento será castigada con multas entre 20 y 200 bolívares, sin perjuicio de indemnización por el daño hecho.
9. Alrededor de la cueva será creada una zona de silencio en donde no se podrá ni tocar corneta, música o hacer cualquier ruido fuerte y además de noche no se podrá encender luces de más de 50 bujías para no molestar a los guácharos.

#### REGLAMENTO DE LOS GUARDIAS

1. El guardia-jefe es responsable del cuidado y vigilancia del parque, de la cueva y del cuidado de sus instalaciones. El tiene que cumplir las órdenes y prescripciones de sus jefes.
2. El tiene bajo sus órdenes los guardias auxiliares y fijará las horas de trabajo y las tareas a cumplir por cada uno de ellos.
3. Los guardias auxiliares tienen que cumplir las órdenes del guarda-jefe y son responsables del trabajo y tarea que se les confíe.
4. Los guardias son empleados exclusivos del Gobierno y reciben un sueldo quincenal por sus servicios.
5. Los guardias tendrán que levantar un acta sobre toda infracción al Reglamento de la cueva y del parque.
6. El trabajo del guardia no se limita sólo a atender a los visitantes sino que tendrá también el de limpiar las

instalaciones y cuidarlas, de notificar a su jefe directo las medidas necesarias para repararlas si hay necesidad de atender el parque.

7. Toda infracción de un guardia a los Reglamentos y falta al deber profesional, será castigada con traslado o pérdida del empleo.

#### REGLAMENTO PARA VISITANTES

1. Todo visitante tendrá que conformarse a los reglamentos de la cueva y del parque y a las órdenes de los guardias.
2. El visitante emprende la visita a la cueva y al parque bajo su entera y completa responsabilidad. El no podrá responsabilizar ni a los guardias ni a la administración de la cueva de daños y accidentes a su perjuicio, aunque sea por defecto de las instalaciones de la cueva y del parque.
3. Él tendrá que pagar la tasa de entrada fijada por la administración de la cueva.
4. Él no podrá llevar, ni a la cueva, ni a la zona de silencio, instrumentos de música, pitos, cornetas, radios, fonógrafos u otros instrumentos ruidosos, susceptibles de molestar a los guácharos.
5. Él no podrá llevar ningún arma blanca o de fuego.
6. Le es prohibido botar botellas, latas, bombillos flash, papeles, cajas u otros objetos susceptibles de ensuciar la cueva. Todo objeto inutilizado, envases para botar, tendrá que ser depositado en cestas especiales a este efecto, ubicadas en el parque...

Conclusiones. La apertura de la Cueva del Guácharo al gran turismo, no tiene pues, mayores dificultades. Sólo habrá que construir una carretera hasta las inmediaciones de la cueva y acondicionar su interior y sus alrededores. Por supuesto que esto, junto con una vigilancia estricta va a quitar a las visitas su colorido de exploración. Pero el gran turismo y las exploraciones son cosas bien distintas y no se puede satisfacer ambas cosas en la cueva. Pero en los alrededores de Caripe hay otras cuevas, aunque menos grandes que la del Guácharo, que pueden satisfacer a los turistas en busca de exploraciones.

Nosotros vemos el aprovechamiento turístico de la Cueva del Guácharo en relación con el desarrollo turístico de la cercana población de Caripe, población llamada a convertirse en el centro turístico del Oriente de Venezuela. No vemos pues, ninguna urgencia de los trabajos de acondicionamiento de la cueva y de sus alrededores, antes del desarrollo turístico de Caripe. Por el momento el MAC provee el más urgente, es decir a la vigilancia de la cueva para impedir todo destrozo o daño como también toda matanza de guácharos".

#### 3. Informe sobre el acondicionamiento de la Cueva del Guácharo y sus alrededores y gastos detallados. Por Ing. Gerardo Budowski. Caracas, Octubre de 1950

"... A raíz del informe que presentó la comisión científica integrada por los doctores Eduardo Röhl, J. P. Veillon y de Bellard en su visita a la Cueva del Guácharo en el mes de mayo pasado, se designó al suscrito para realizar un estudio detallado sobre las instalaciones y la organización que amerita el Monumento Nacional 'Alejandro de Humboldt' (la Cueva del Guácharo) y sus alrededores así como calcular los gastos relacionados.

Para tal efecto, se estudió cuidadosamente la Cueva del

Guácharo, haciendo un levantamiento preciso de sus galerías más conocidas o sean las que visita el turista común y se recorrió la parte poco conocida llegando hasta puntos nunca vistos por el hombre. También se recorrió toda la zona vecina a la entrada de la Cueva y todo el cerro que cubre la Cueva, el cual se encontró cubierto de conucos...

I. LA CARRETERA. Los trabajos de la carretera deben empezar cuanto antes... El trazado deberá seguir a grandes rasgos, el actual y único camino de recuas construido en tiempos de los españoles y el cual enlaza el pueblo de 'El Guácharo'... El final de la carretera sería una parte bastante plana que se encuentra a unos 170 m antes de la entrada de la Cueva. Es allí donde deben construirse oficina, albergues rústicos, casas para empleados y el estacionamiento para carros...

II. CAMINO HACIA LA CUEVA. Desde la Oficina, situada al final de la carretera, hasta la entrada de la cueva, es necesario hacer un buen camino para peatones...

IV. OTROS CAMINOS. Será necesario construir otros caminos... para el tráfico (peatonal) de los turistas dentro del futuro Parque Nacional...

... Camino que rodea el cerro del 'Cocollar'... Este camino, que como el anterior debe ser un sendero de 1 m de ancho, pasaría frente a 'La Cueva', situada a unos 700 m de la entrada de la Cueva del Guácharo y otra, muy grande (3 horas de difícil exploración) situada frente a San Agustín, cerca del cafetal del señor Tepedino, a 1 Km 200 m. Ambas constituyen interesantes atractivos turísticos...

VII. PARQUE FORESTAL. El pequeño Parque Forestal deberá establecerse frente a la Cueva... Deben ser desalojados los actuales habitantes que tiene establecidas sus viviendas allí...

VIII. EL PARQUE NACIONAL... Deberá abarcar, por lo menos, todo el cerro 'Cocollar', o sea el cerro de la Cueva... hasta Cerro Negro... Por el momento es absolutamente necesario que por lo menos el cerro 'Cocollar'... este libre de conucos. También deben suprimirse las casas y los conucos muy cercanos a la entrada de la Cueva...

IX. ACONDICIONAMIENTO DE LA CUEVA. La Cueva del Guácharo está apenas explorada. No se conocen todas las galerías y se tardará mucho tiempo para conocerlas debido a lo largo e intrincado de algunas de ellas. Es un verdadero laberinto. En el curso de mi viaje, tuve la oportunidad de explorar, en compañía de los baquianos y algunos ciudadanos eminentes de Caripe, la parte no conocida. Pasamos 9 horas explorando galerías, llegando a puntos nunca visitados por el hombre, para darnos cuenta que la Cueva es inmensa y que muy poco se conoce. Hacia el final de la jornada, uno de los baquianos descubrió un nuevo salón que se considera como el más bello de todo lo conocido hasta la fecha.

Para llegar a esta parte desconocida, es necesario pasar un túnel lleno de agua, de unos 2,5 m de largo, lo que implica aguantar la respiración por unos 15 segundos, sumergiéndose para pasar el túnel. También es necesario usar mecates para subir y más que todo, bajar por algunos precipicios.

En la visita a esta parte de la Cueva por los turistas, será necesario tener un permiso especial concedido solamente después de demostrar el aspirante su interés científico, su solvencia moral y sus aptitudes como excursionista, ya que las formaciones son muy delicadas y la expedición algo peligrosa. Pero hasta la parte que llega hasta el 'Cuarto de los Pechos' o la 'Poza de Humboldt', cualquier turista puede pasar y

deberá tratarse de acondicionar el paso en la mejor forma posible, sin cambiar mucho la fisonomía de la Cueva.

A) Los pasos malos

1) Lo que se ha hecho: Hay dos pasos que por ser sumamente resbalosos, son algo peligrosos y difíciles de atravesar. Durante mi estadía, estos pasos se arreglaron satisfactoriamente, aunque el trabajo no está completamente terminado. Se trata de la 'Bajada del barreal', ahora provista de una escalera y la 'Subida a los Pechos', donde se acondicionaron unos escalones. Otro paso malo era el estrecho túnel que conduce al 'Cuarto del Silencio'. Era la acumulación de guano la que dificultaba el paso. Este guano se limpió y hoy los turistas pueden pasar sin mayores dificultades al 'Cuarto del Silencio'. También se acondicionaron otros pasos, removiendo o quitando algunas piedras particularmente peligrosas.

2) Lo que queda por hacer: Terminar el trabajo de los escalones en la 'Subida de los Pechos' y hacer una rampa a la escalera que baja al 'Barreal'. Acondicionar, picando la piedra, aquellos pasos donde la piedra sea resbalosa o cortante. Abrir el 'Cuarto del Viento', picando la piedra que obstruye el paso.

B) La limpieza de la cueva. Actualmente hay una gran cantidad de botellas o restos de ellas y sobre todo residuos de las antorchas de candil o "hachos" como se llaman localmente, que cubren el piso. Esta limpieza puede ser realizada en 3 días, por 3 hombres, pero es preferible hacerla en verano o sea entre los meses de enero a abril, cuando el nivel del agua está más bajo. En efecto, la mayoría de los residuos se han acumulado en el pequeño riachuelo que forma el camino natural de los visitantes.

C) Debe caminarsse en el agua?. Opino que sí. El camino natural de arena formado por el agua, es él más blando, de muy suave inclinación y no ofrece peligro alguno. En cambio cualquier camino lateral para evitar el agua, implicaría largos trabajos, muchos puentes y una manutención continua. Ahora bien, lo que si es necesario, es que la Oficina ponga cerca de la entrada y a disposición del turista, unas botas de caucho de unos 40 cm, de altura y de varios tamaños. Las suelas deberán estar revestidas de clavos de tipo zapatos de alpinistas. Solamente en época de fuertes y continuas lluvias, el agua puede llegar a más de 40 cm en algunos puntos. Por otra parte, está comprobado que para un número no despreciable de visitantes, el caminar por el agua, descalzos o con alpargatas, constituye cierto atractivo o por lo menos ningún inconveniente. Por supuesto que el agua no encierra ningún peligro y es perfectamente sana.

D) Otras instalaciones dentro de la cueva. Deben escogerse ciertos sitios para botar botellas, bombillos flash, residuos de comida, etc. Un peón se encargará de vaciar los depósitos (con sacos) una vez por semana. No debe usarse alumbrado eléctrico, pues los guácharos, que ocupan las dos terceras partes de las galerías abiertas al turista, no lo soportarían. Las lámparas de gasolina de 200-300 bujías, en suficientes cantidades en el depósito, bastan perfectamente a la iluminación...

#### RESUMEN DE RECOMENDACIONES

1. Ofrecer detalles al MOP sobre construcción de la carretera (trazado final, etc.).
2. Dar los pasos necesarios para que estudie el

reagrupamiento de los conuqueros en la zona de Teresén-Caripito (Instituto Nacional Agrario, Ministerio de Obras Públicas, para la carretera).

3. Celebrar un contrato con el señor Nicolás Cirigliano, de Caripe, para la realización de diversas obras previstas en este informe.

4. Nombrar el personal que se hará cargo del Parque Nacional con la Cueva, para la ejecución de diversas obras o en su defecto, encargar al Jefe de Región Forestal de Caripe, la ejecución de las mismas.

5. Nombrar una Comisión que evalúe equitativamente los bienes de las personas afectadas por el programa de acondicionamiento del Parque Nacional (casas, conucos, carretera, etc.).

6. Solicitar del Dr. Eduardo Röhl, su colaboración para elaborar un folleto divulgativo acerca de la 'Cueva del Guácharo' y sus pájaros, el cual se imprimirá en los talleres de MAC

7. Aprobar la erogación del dinero necesario para realizar este programa.

#### LISTA DE PERSONAL LOCAL QUE SE RECOMIENDA

I. Personas que se recomiendan como guías oficiales para la Cueva: José León Saffont, Rafael Moreno, Juan Rodríguez, Félix Magallanes, Antonio Rodríguez, Luis Blanco, Benito Rodríguez

II. Persona que recomiendan como obreros: Pedro Agustín Magallanes, Juan Alén, Jesús Ramón Alén, David Rivas, Ramón López

III. Vigilante del Parque Forestal: Simón Magallanes

IV. Guardia Forestal: Ramón Alén (Ocupa este cargo actualmente).

#### REGLAMENTO PARA EL TURISTA

1. Para entrar a la Cueva se necesita la autorización respectiva expedida en Oficina del Parque Nacional, cerca de la 'Cueva del Guácharo'.

2. No se puede entrar sin el acompañamiento de un guía, salvo autorización especial del MAC. Un guía debe acompañar a un grupo de 4 personas o menos.

3. Está terminantemente prohibido la caza o matanza de guácharos u otros animales, así como molestarlos de cualquier manera, quebrar formaciones, rocas o remover cualquier objeto de su sitio original.

4. Se prohíbe escribir o hacer marcas en las paredes, así como llevar antorchas u otros objetos susceptibles de ensuciar la Cueva.

5. No se permite ningún fuerte ruido como música, pitos etc., dentro de la Cueva o en el Parque Forestal frente a la entrada de la misma.

6. No se permite el uso de otras luces que las de lámparas de gasolina de no más de 300 bujías o linternas eléctricas de potencia moderada.

7. No se permite llevar armas (blancas o de fuego).

8. Las botellas, latas, bombillos flash, papeles u otros objetos susceptibles de ensuciar la Cueva, se botarán en sitios especiales enseñados por el guía.

9. La Cueva está cerrada para visitas desde las 7 p.m. hasta las 6 a.m., salvo autorización especial del MAC.

10. Al entrar en la Cueva, el turista deberá conformarse con este Reglamento. Empezará la visita a la Cueva y al Parque, bajo su entera y completa responsabilidad. No podrá

responsabilizar a los guías ni a la Administración del MAC, de daños o accidentes ocasionados, aunque sea por defecto de las instalaciones existentes...

Arboles cuyos frutos sirven de alimento a los guácharos. Nombre Común - Identificación botánica - Época de fructificación: 1. Laurel amarillo. Laurácea. Abril-Julio. 2. Laurel blanco. 3. Mataca?. 4. Aguacatillo montaño. Laurácea. 5. Cobalonga. Abril-julio y sept.-noviembre. 6. Palmito. Palmácea. Todo el año. 7. Palma blanca o macanilla. 8. Toda especie Laurácea. Abril-julio. 9. Currucay?. 10. Palma Monagas. Palmácea. Todo el año. 11. Moriche (?). *Mauritia flexuosa*.

Reproducción. Un pájaro cría de 1-4 pichones, comúnmente 2. La mayor producción de pichones ocurre en los meses de mayo a julio, época que corresponde a la fructificación de la mayoría de los árboles. Otra época es de octubre a noviembre, aunque la cantidad de pichones es menor. Es frecuente que los pichones caigan de sus nidos y que otros perezcan por hambre.

Animales dentro de la cueva. Ratas: gran cantidad en los primeros salones, los pequeños, en número de hasta 20, se encuentran en nidos en medio del guano. Peces: en la quebrada se encuentran de tamaño de 3-5 cm. Murciélagos: en abundancia. Lapas: se ven trazas y huesos. Fósiles: se encontraron huesos que corresponden a un animal de un metro y muchísimos, de animales muy pequeños, en la parte poco explorada de la Cueva...".

#### Otras contribuciones espeleológicas de Eduardo Röhl

Previamente a la Comisión de 1950, el Dr. Röhl había visitado la Cueva del Guácharo el 28 de junio de 1943, sobre esa visita en su libreta de campo nos dice:

"...10: 20 Llegamos a la puerta de la Cueva... Frente a la cueva existen ya varias casas (ranchos)... El guardián de la Cueva (MAC) (es) Ramón Alén. Según la gente de aquí, los guácharos se alimentan de los frutos de: Mataca, Cobalonga, Palmito (Palma), Curruquei (tiene resina), Laurel. La fruta de mataca es rosada por dentro. El Curruquei es muy aromático, contiene varias semillas color... claro. El olor recuerda al del mango (treméntico). El Aguacatillo es también comido por el guácharo, sus semillas son redondas pequeñas, más pequeñas que una semilla de papaya... y están recubiertas de una película sumamente colorante... El agua del arroyo midió 17,8°. Humboldt halló la temperatura del arroyo de 16,8°... Salida (de la Cueva) a 13 horas...

Observaciones: En la Poza de Humboldt hay una roca con la siguiente inscripción (\*) Agostino Das 1887. El público cree erróneamente que dicho grabado fue obra de Humboldt. Humboldt no pasó del final del gran salón. Los hachones son fabricados con listones de madera de un árbol que llaman 'Candil', que crece en las montañas cercanas a la Cueva.

(\*) Hay una nota de pie de página escrita en 1950 que dice: Grabado. Rectificación, estos grabados en otra visita a la Cueva, en mayo 28/1950, pude comprobar que fue Goering quien grabó su nombre así: A. Goering. Abajo se lee: DAS 1887" (RÖHL, 1943).

La libreta incluye mediciones con barómetro aneroido tomadas en la boca, La Pila, El Chaguaramo y la Poza de Humboldt.

Sobre la inscripción en la Poza de Humboldt, surge el

dilema de cual de las dos versiones dadas por Röhl sea la más fiel. Como la fecha de 1887 no fue puesta en duda por él, preferimos la primera interpretación de que haya sido alguien de nombre *Agostino*, ya que Goering estuvo en Venezuela solamente entre 1867 y 1874.

Otras contribuciones del E. Röhl que tienen un interés espeleológico, son las biografías de los viajeros alemanes Alejandro de Humboldt, Karl Moritz, Ferdinand Bellermann, Hermann Karsten y Antón Goering, quienes por haber visitado cuevas venezolanas, entre otras la Cueva del Guácharo, sirvieron para divulgar el conocimiento de esta cavidad y son un aporte fundamental para la historia de la espeleología venezolana. Estos trabajos biográficos aparecieron en varias publicaciones seriales y posteriormente reunidos en el libro *Exploradores famosos de la naturaleza venezolana* (RÖHL, 1948). No menos importante para la historia de la espeleología venezolana, es la profusa inclusión en las obras de Röhl, de reproducciones de los grabados, óleos y acuarelas de la Cueva del Guácharo y del ave, realizados por Bellermann y Goering.

Röhl incluyó una extensa descripción del guácharo en su libro *Fauna descriptiva de Venezuela* (RÖHL, 1956: 260-268). Allí aparece otra interesante cita espeleológica: "*La existencia de estas aves (guácharos) en las cercanías de El Encantado, en la cueva 'Peñón de las Guacas' y a poca distancia de la planta eléctrica 'Los Naranjos', fue confirmada por nosotros en el mes de septiembre de 1942, en compañía del conocido naturalista William Beebe y de nuestro distinguido ornitólogo William H. Phelps*" (RÖHL, 1942: 226, 1956: 268).

### Discusión

Los informes de Röhl, Veillon y Budowski presentan proposiciones de obras y reglamentos, muy válidas y razonables para la fecha. Lo lamentable es que sus opiniones técnicas no se fuesen acogidas íntegramente en su momento, en especial la construcción del estacionamiento para los visitantes e instalaciones del personal a unos 100-170 m antes de la Cueva, la demolición de las viviendas ubicadas al frente de la cueva y la creación del Parque Nacional El Guácharo. Estas dos últimas recomendaciones sólo fueron llevadas a cabo a mediados de la década de los años 70. Budowski es el primero en reportar la existencia de vertebrados fósiles en la parte no turística de la Cueva, algunos de los cuales fueron estudiados por MORGAN *et al.* (1988).

Con la información aquí aportada la cronología de la Cueva del Guácharo se enriquece como sigue:

1950, 17 abril. Amenodoro Rangel Lamus, Ministro de Agricultura y Cría, nombra una Comisión para visitar la Cueva y dictaminar acerca de las medidas reglamentarias y otras disposiciones conducentes al cuidado y conservación.

1950, mayo. La Comisión quedó integrada por el naturalista Eduardo Röhl, quien la dirige, el médico Eugenio P. De Bellard y el ingeniero Forestal J. P. Veillon, éstos se trasladan a Caripe y visitan la Cueva el domingo 28 de mayo (Fig. 2). Los acompañó el fotógrafo alemán Werner Cohnitz.

1950, junio 15. E. Röhl presenta un informe sobre el estado de la cueva y proposiciones para la conservación y uso turístico. Señala haber recogido una muestra de agua del riachuelo y haberla analizado. Éste es el primer análisis del

agua de la Cueva. Este mismo año Röhl presenta ante la Academia de Ciencias Físicas Matemáticas y Naturales de Caracas, una conferencia titulada "Visita a la Cueva del Guácharo, material gráfico y análisis químico de sus aguas" (URBANI, 1996).

1950, junio. J. P. Veillon consigna su "Anteproyecto de acondicionamiento de la cueva del Guácharo y de sus alrededores para el turismo".

1950, julio. En las vidrieras de las oficinas de la Línea Aeropostal Venezolana ubicadas en el Bloque I de El Silencio, Caracas, se exponen una serie de fotografías de la Cueva tomadas por Werner Cohnitz. Algunas de estas fotografías son publicadas en años sucesivos en varias revistas de Venezuela y el extranjero (Fig. 2).

1950, 31 julio. A raíz de la anterior exposición fotográfica, Sr. Luis Silva Rodríguez, natural de Caripe, quien en los años 1946-47 había trabajado en la zona, le escribe al Dr. Röhl enviándole información sobre la Cueva (URBANI, 1994).

1950, octubre. El Ing. Gerardo Budowski realizar un proyecto sobre las instalaciones y la organización que amerita la Cueva. Levanta un plano de la parte turística de la cueva y explora más allá del Paso del Viento. Es el primero en reportar la presencia de vertebrados fósiles, por lo tanto debió llegar hasta las cornisas de la Galería de los Italianos o aún más adentro. Propone la creación del "Parque Nacional El Guácharo", que abarque todo el cerro de la Cueva, pero preferiblemente también al Cerro Negro.

### BIBLIOGRAFIA

- DE BELLARD PIETRI E. 1985. Dr. *Eugenio P. De Bellard. Centenario de su nacimiento 1885-1985*. Refolit, Caracas.
- MORGAN G. S., O. LINARES & C. L. RAY. 1988. New species of fossil vampire bats (Mammalia, Chiroptera, Desmodontidae) from Florida and Venezuela. *Proc. Biol. Soc. Washington*, 101(4): 912-928.
- RÖHL E. 1942. *Fauna descriptiva de Venezuela*. Tip. Americana, 1<sup>ra</sup> ed., 431 P. [3<sup>ra</sup> ed., Madrid, Nuevas Gráficas, 516 p., 1956].
- 1943. *Libreta de observaciones del viaje a los sitios de Barcelona, Cumaná, Caripe, Cueva del Guácharo, Maturín, Carúpano, Güiría y Porlamar. Junio de 1943*. Libreta de campo inédita. Archivo del Dr. Eduardo Röhl en la Fundación John Boulton, Caracas. La parte correspondiente a la Cueva del Guácharo fue reproducida en URBANI (1994: 31-32).
- 1948. *Exploradores famosos de la naturaleza venezolana*. Tip. El Compás, Caracas, 221 p. Hay otras dos ediciones posteriores.
- 1990. *Historia de las ciencias geográficas de Venezuela, 1498-1948*. Cromotip, Caracas, 515 p. Edición corregida y editada por Héctor PÉREZ-MARCHELLI.
- URBANI F. 1980. Parques Nacionales y Monumentos Naturales venezolanos de interés espeleológico. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 19: 2-24.
- 1985. Bibliografía del Dr. Eduardo Röhl (1891-1959). *Bol. historia geociencias Venezuela*, 8: 1-17. Reimpreso en *Boletín Academia Nacional Historia*, 68 (269): 216-232. 1986.
- 1994. Notas históricas sobre la Cueva del Guácharo. Parte 1: La Comisión Röhl, 1950. *El Guácharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 34: 1-33.
- 1996b. Datos espeleológicos en las Memorias del Ministerio de Educación 1925-1954. *El Guacharo*, Soc. Venezolana Espeleol., 39: 103.

# CATASTRO ESPELEOLOGICO NACIONAL

En esta sección se irán reuniendo los datos de carácter morfológico, topográfico y toponímico de las cuevas de Venezuela. Para cada cueva se aportarán los datos exactos de ubicación, así como el levantamiento topográfico (planta y sección) elaborado como mínimo con la ayuda de cinta métrica, brújula y clinómetro.

Las cuevas serán enumeradas independientemente para cada estado, según el orden cronológico de publicación en este *Boletín*, y serán identificadas en base a la siguiente clave:

Am. Amazonas	DA. Delta Amacuro	NE. Nueva Esparta
An. Anzoátegui	DF. Distrito Federal	Po. Portuguesa
Ap. Apure	Fa. Falcón	Su. Sucre
Ar. Aragua	Gu. Guárico	Ta. Táchira
Ba. Barinas	La. Lara	Tr. Trujillo
Bo. Bolívar	Me. Mérida	Ya. Yaracuy
Ca. Carabobo	Mi. Miranda	Zu. Zulia
Co. Cojedes	Mo. Monagas	

Los colaboradores indicados en la sección "topografía" serán los únicos responsables de la exactitud de los datos suministrados. El material enviado para su publicación quedará en propiedad de la SVE.

## Bo.90. Cueva Chirikayén 1

Cerro Chirikayén, Edo. Bolívar.

61° 14' 40" Long. W; 4° 44' 10" Lat. N.

UTM: N 523.000; E 694.000, zona 20.

Hoja 7930, Apoipó; DCN, 1:100.000, 1977.

Altitud: 1.200 m s.n.m.

Loc.: Cara SE del tepuy, frente a una mina de oro abandonada.

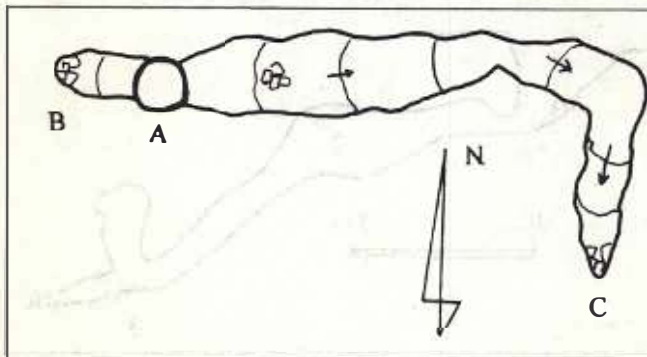
Desarrollo: 11,5 m. Desnivel: 6,5 m (+0;-6,5).

Topografía: G. Nieto, C. Silva, B. Castillo. Grupo GEO-UCV.

Abril 1996. Grado BCRA: 3C.

El Cerro Chirikayén se encuentra al NW de Santa Elena de Uairén, presenta una cuesta en su sector sur que aumenta su cota en dirección norte hasta 1.300 m s.n.m. donde se encuentra la cara vertical. El borde tiene una dirección E-W cuyas cuarcitas están bien estratificadas y pertenecen al Grupo Roraima de edad Precámbrico. En la zona se puede observar un extenso sistema de diaclasas bien marcado, cabe destacar que no se encontraron drenajes activos en ninguna de las áreas visitadas del cerro.

El acceso a la cavidad se realiza destrepando una sima de tres metros de profundidad, la misma se ha formado a expensas de una diaclasa. Al entrar por la única boca (A) se continúa por una galería descendente, de 8 m de largo, donde las paredes y techo tienen superficies planas. Durante el recorrido se destaca gran cantidad de raíces, que van separando las rocas y además continúan hacia abajo penetrando en el suelo. La fauna observada en la cavidad consiste en artrópodos, representados principalmente por arañas y grillos. Al final existe un caos de bloques que corresponde a la cota -6,5 en el punto C.



## Bo.91. Cueva Chirikayén 2

Cerro Chirikayén, Edo. Bolívar.

61° 15' 00" Long. W; 4° 43' 30" Lat. N.

UTM: N 522.000; E 694.500, zona 20.

Hoja 7930, Apoipó; DCN, 1:100.000, 1977.

Altitud: 1.250 m s.n.m.

Loc.: A 150 m al SE de la Cueva Chirikayén 1 (Bo. 90).

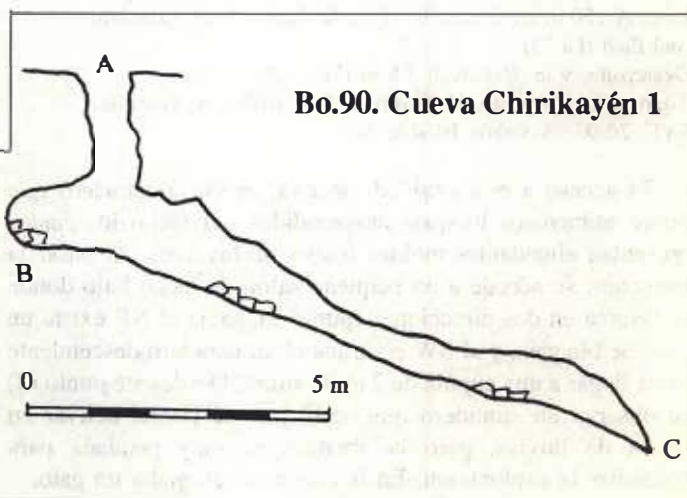
Desarrollo: 28 m. Desnivel: 7 m (+0;-7).

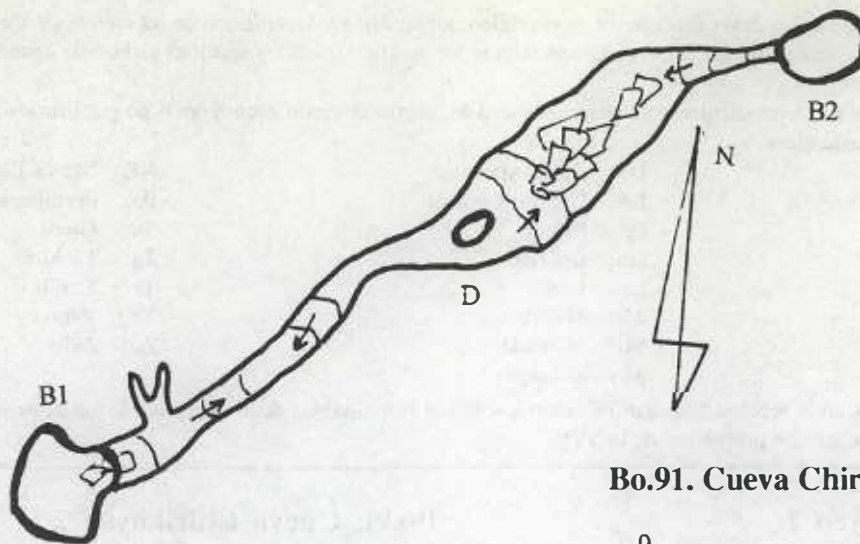
Topografía: G. Nieto, V. Cáceres, C. Cáceres, C. Silva, B. Castillo.

Grupo GEO-UCV. Abril 1996. Grado BCRA: 3C.

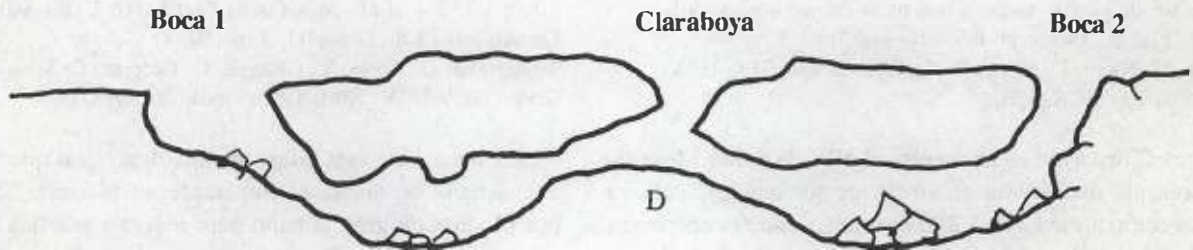
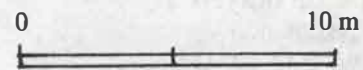
La boca 1 de esta cueva es una depresión que forma parte del sistema de diaclasas imperante en la zona. Se desciende por bloques de gran tamaño para ingresar por una galería casi recta con roca caja expuesta y que mide unos 12 m de desarrollo. A la mitad del recorrido se halla una claraboya de sección cuadrangular (D), que ilumina un salón alargado que desciende hacia el NE. Allí se encuentra una acumulación de rocas que se han desprendido del techo y se observan raíces que provienen de la superficie, estos bloques casi dividen la sala en dos tramos. Al llegar a la boca 2 cambia la pendiente siendo posible salir a la superficie.

En esta cueva se colectó una muestra de espeleotema coralinoidea de dimensiones centimétricas que se analizó por difracción de rayos X, identificándose como ópalo.





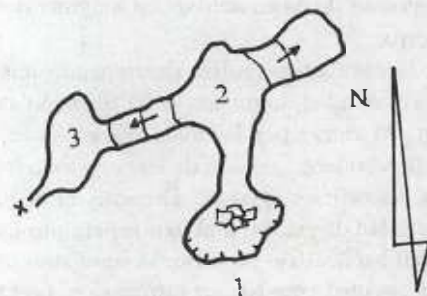
**Bo.91. Cueva Chirikayén 2**



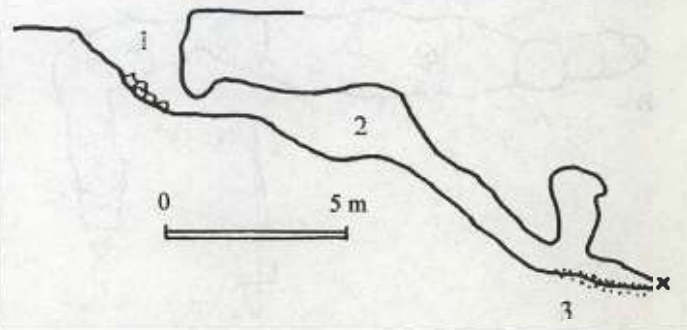
**Fa.110. Cueva 3 del Balneario El Pico**

Península de Paraguaná, Edo. Falcón.  
 70° 20' 10" Long. W; 11° 35' 25" Lat. N.  
 UTM: N 1.314.250; E 361.027, zona 19.  
 Hoja 6151, Punto Fijo; DCN, 1: 100.000, 1962.  
 Altitud: 10 m s.n.m.  
 Loc.: A 150 m en dirección NE de la Cueva 2 del Balneario del Pico (Fa.23).  
 Desarrollo: 9 m. Desnivel: 7,5 m (+0; -7,5).  
 Topografía: G. Nieto, H. Fournier, B. Castillo, A. González.  
 SVE. 26/02/98. Grado BCRA: 3C.

El acceso a esta cavidad inactiva, es un arrastradero que posee numerosos bloques desprendidos del techo los cuales presentan abundantes moldes fósiles de bivalvos. Al pasar la estreches, se accede a un pequeño salón de techo bajo donde se bifurca en dos direcciones (punto 2), hacia el NE existe un caos de bloques, y al SW continúa el arrastradero descendente hasta llegar a una cúpula de 2 m de altura. Desde este punto (3) se observa un sumidero que solamente se podría activar en época de lluvias, pero la abertura es muy pequeña para continuar la exploración. En la cueva se refugiaba un gato.



**Fa.110. Cueva 3 del Balneario El Pico**





### Fa.111. Cueva 4 del Balneario El Pico

Península de Paraguaná, Edo. Falcón.

70° 17' 10" Long. W; 11° 40' 25" Lat. N.

UTM: N 1.314.240; E 361.030, zona 19.

Hoja 6151, Punto Fijo; DCN. 1:100.000, 1962.

Altitud: 10 m s.n.m.

Loc.: A 10 m en dirección W de la Cueva 3 del Balneario El Pico (Fa.110).

Desarrollo: 8,7 m. Desnivel: 3,8 m (+0,-3,8).

Topografía: G. Nieto, H. Fournier, S. Urbani, D. Soto, L. Melo, R. Carreño. SVE. 26/02/98. Grado BCRA: 3C.

El ingreso a esta cueva (4) se realiza descendiendo por unos bloques de gran tamaño que corresponden al antiguo techo de la cavidad que colapsó. El estrato que aún forma parte del techo tiene un espesor de 1,5 a 2 m con buzamiento casi horizontal. En el punto 5 se encuentra un pequeño charco de agua salobre que según los baquianos de la zona, sirve de abrevadero a los chivos de su propiedad. En el piso se observa una concreción deleznable que produce arena de calcita. En las paredes, techo y en el suelo se hallaron numerosos cueros o mudas de culebras, así como también restos óseos de gatos y chivos, que utilizan este refugio natural para protegerse del calor.



Fa.111. Cueva 4 del Balneario El Pico

### Tr.8. Cueva El Ronco

El Algarrobo, Edo. Trujillo.

70° 30' 03" Long. W; 9° 23' 10" Lat. N.

UTM: N 1.037.900; E 335.210, zona 19.

Hoja 6044, Betijoque; DCN 1:100.000, 1976.

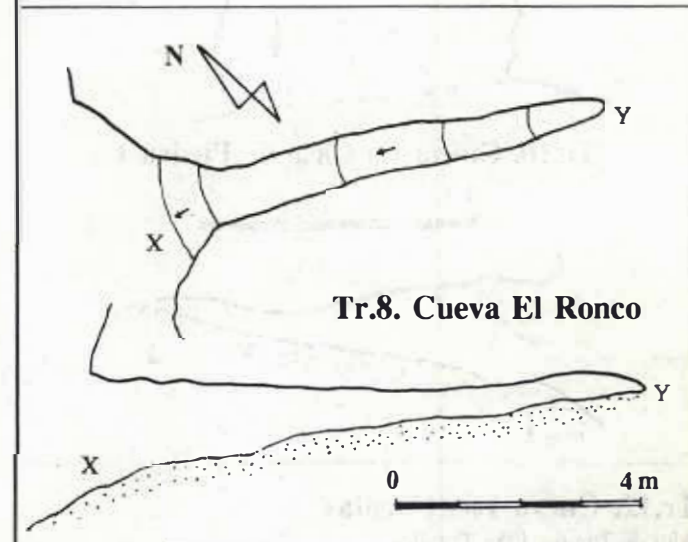
Altitud: 440 m s.n.m.

Loc.: A 3 Km en dirección SW de Pampanito.

Desarrollo: 8 m. Desnivel: 2 m (+2;-0).

Topografía: J. A. Peñaloza, N. Hernández, J. N. Hernández. 7/3/1986. Grupo Espeleológico José María Cruent. Grado BCRA: 3C.

La cavidad posee una orientación SE. El ancho de la entrada es de 4 m con 1,6 m de alto. Hacia el interior es necesario arrastrarse. Se encontraron algunos quirópteros y arácnidos.



Tr.8. Cueva El Ronco

### Tr.9. Cueva del Indio

Carvajal, Edo. Trujillo.

70° 35' 00" Long. W; 9° 19' 14" Lat. N.

UTM: N 1.030.690; E 326.110, zona 19.

Hoja 6043, Valera; DCN 1:100.000, 1976.

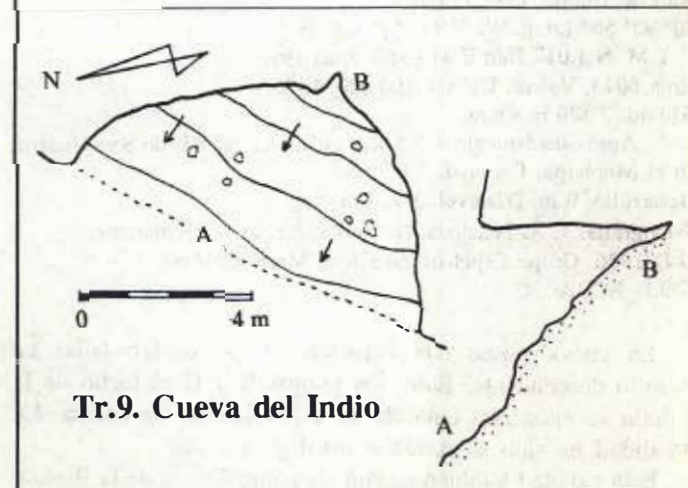
Altitud: 600 m s.n.m.

Loc.: En el sector El Filo del Municipio Carvajal.

Desarrollo: 9 m. Desnivel: 9 m (+9;-0).

Topografía: J. E. Riveros, C. Monsalve, J. N. Hernández. 20/9/1987. Grupo Espeleológico José María Cruent. Grado BCRA: 3C.

Esta cueva es muy conocida por los habitantes del lugar. Desde el punto A se asciende por una fuerte pendiente para llegar al fondo de la cavidad (B). El techo está constituido por lutita y arenisca. Esta cueva se ha formado por el desprendimiento de fragmentos del techo, que en parte se han acumulado formando un piso poco compacto.



Tr.9. Cueva del Indio

### Tr.10. Cueva La Casa de Piedra 1

Jiménez, Edo. Trujillo.

70° 33' 50" Long. W; 9° 19' 00" Lat. N.

U.T.M: N 1.030.250; E 328.250, zona 19.

Hoja 6043, Valera; DCN 1: 100.000, 1976.

Altitud: 520 m s.n.m.

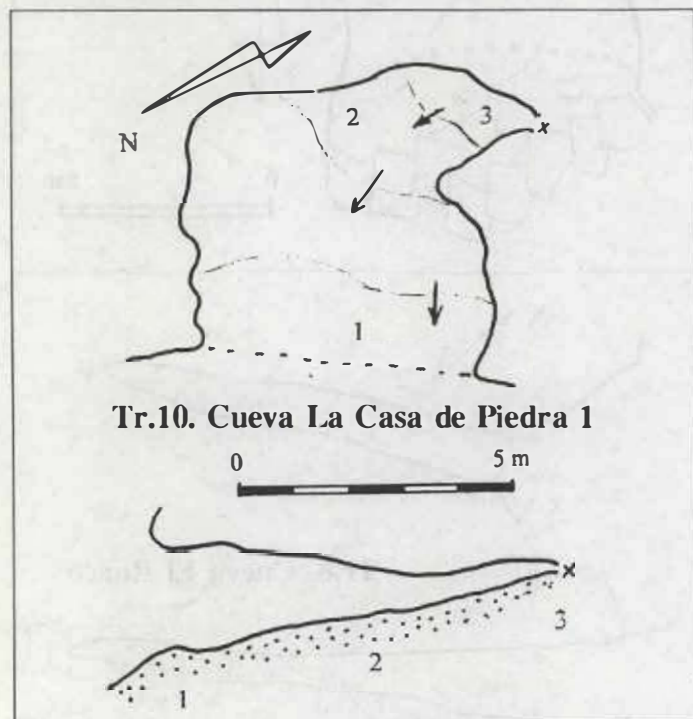
Loc.: Aproximadamente a 2,5 Km en dirección NE de San Genaro, en el Municipio Carvajal.

Desarrollo: 7 m. Desnivel: 1 m (+1; 0).

Topografía: J. E. Riveros, C. Monsalve, J. N. Hernández. 15/6/1987.

Grupo Espeleológico José María Crucent. Grado BCRA: 3C.

La entrada se encuentra oculta entre el espeso follaje de arbustos y árboles que cubren la zona. La cueva esta formada bajo una enorme roca de granito y posee una orientación SE. A 3 m de la boca se encontraron algunos quirópteros. Una prolongación se desarrolla hasta el punto 3 donde es imposible continuar por lo estrecho de la cavidad.



Tr.10. Cueva La Casa de Piedra 1

### Tr.11. Cueva La Casa de Piedra 2

Jiménez, Edo. Trujillo.

70° 33' 50" Long. W; 9° 19' 00" Lat. N.

U.T.M: N 1.030.250; E 328.250, zona 19.

Hoja 6043, Valera; DCN 1:100.000, 1976.

Altitud: 520 m s.n.m.

Loc.: Aproximadamente a 2,5 Km en dirección SE de San Genaro, en el Municipio Carvajal.

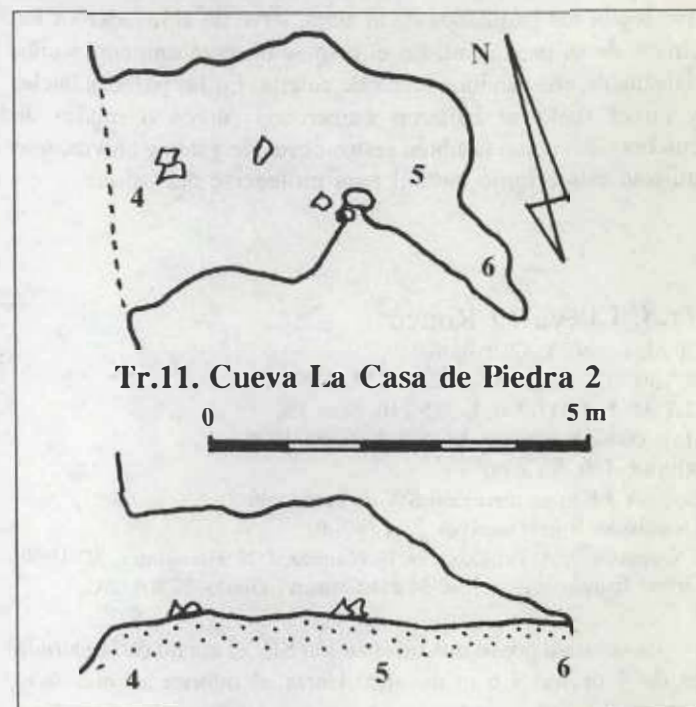
Desarrollo: 6 m. Desnivel: 0 m (+0;-0).

Topografía: J. A. Peñaloza, N. Hernández, J. N. Hernández.

18/1/1986. Grupo Espeleológico José María Crucent.

Grado BCRA: 3C.

La cavidad se forma bajo la misma roca que La Casa de Piedra 1 (Tr.10), ambas entradas están separadas por apenas 2 m. En esta cueva que tiene forma semicircular habitan numerosos quirópteros.



Tr.11. Cueva La Casa de Piedra 2

### Tr.12. Cueva Las Cuentas

Alto de Tomón, Edo. Trujillo.

70° 42' 55" Long. W; 9° 11' 52" Lat. N.

U T M: N 1.017.180; E 311.560, zona 19.

Hoja 6043, Valera; DCN 1:100.000, 1976.

Altitud: 2.320 m s.n.m.

Loc.: Aproximadamente a 2,5 Km en dirección NE de San Genaro, en el Municipio Carvajal.

Desarrollo: 9 m. Desnivel: 5 m (+4;-1).

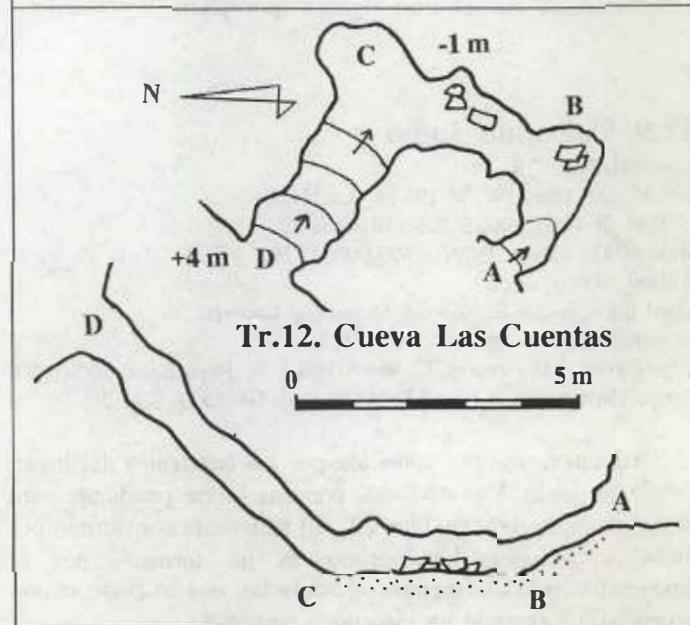
Topografía: J. A. Peñaloza, N. Hernández, J. N. Hernández.

18/1/1986. Grupo Espeleológico José María Crucent.

Grado BCRA: 3C.

La cueva posee dos entradas, ambas desarrolladas en sentido descendente. Entre los puntos B y C el techo de la galería se encuentra cubierto de espeleotemas de calcita. La localidad ha sido saqueada arqueológicamente.

Esta cavidad también se conoce como Cueva de la Pereza.



Tr.12. Cueva Las Cuentas

## Zu.75. Cueva del Cañón de Las Piscinas

Cuenca del río Socuy, Edo. Zulia.

72° 26' 10" Long. W; 10° 47' 28" Lat. N.

U.T.M: N 1.194.020; E 780.380, zona 18.

Hoja: 5748-III-NO, DCN 1:25.000.

Altitud: 560 m s.n.m.

Loc.: A 1,3 Km al SW de la Boca SW de Zu.30 y

a 20 m al E sobre el sector medio del cañón.

Desarrollo: 60 m. Desnivel: 4,5 m (+4,5; 0).

Topografía: B. Castillo, R. Carreño, E. Ohep. SVE. 9/4/98.

Grado BCRA: 4D.

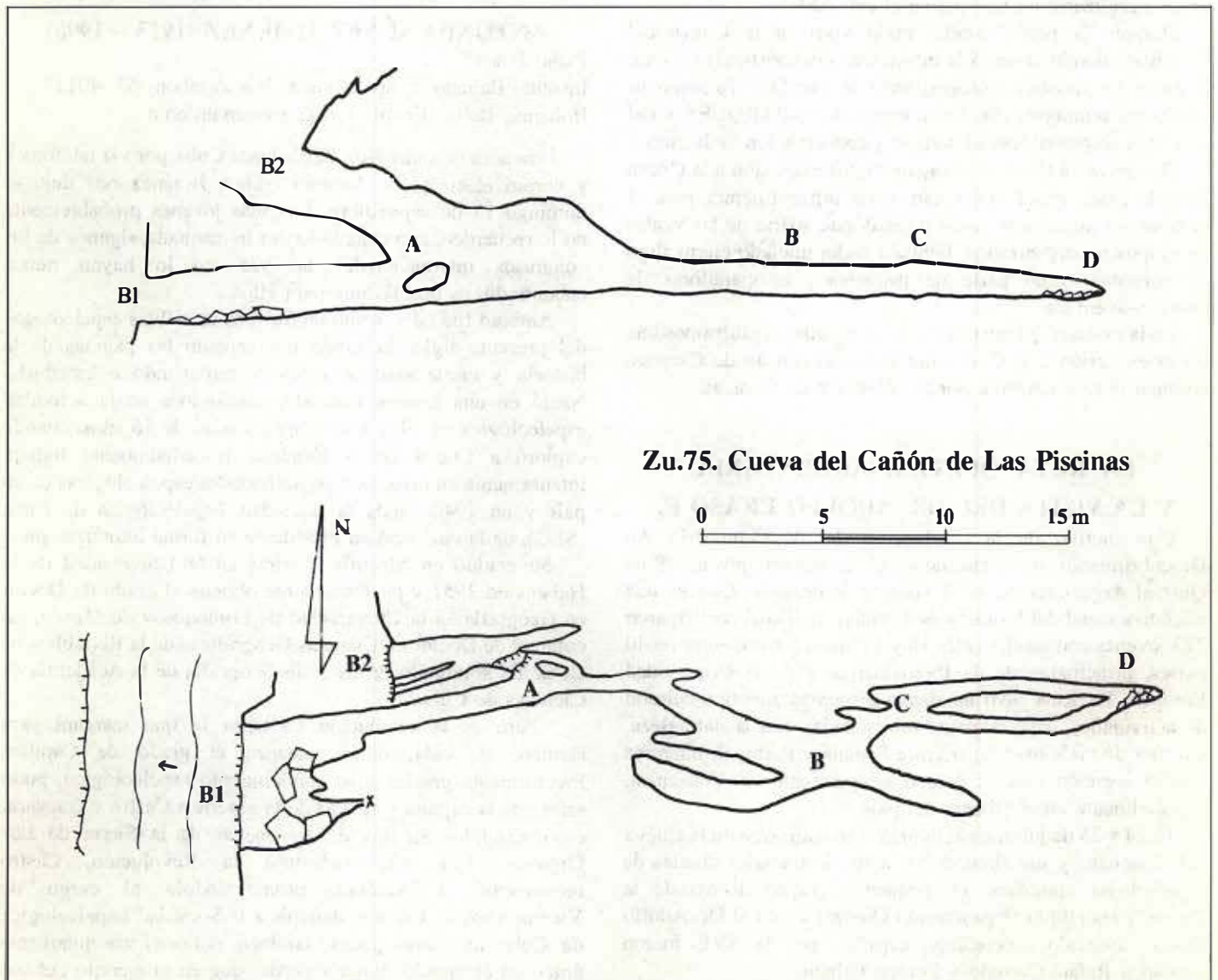
Esta cueva se localiza en el margen derecho del río Socuy, a unos 8 m sobre la cota del agua. Este cañón siempre tiene aguas estancadas durante la sequía y en el fondo se observa un relieve formado por marmitas gigantes sumergidas. La profundidad se estimó buceando en apnea en al menos unos 9 m sin llegar al fondo. La calidad del agua hace pensar en una alimentación subterránea de estas grandes pozas.

La cavidad se caracteriza por ser hidrológicamente inactiva, fresca y los sectores mas alejados de la boca se encuentran en oscuridad total. El piso está formado por

sedimentos secos. Las paredes y el techo presentan una superficie lisa casi totalmente desprovista de espeleotemas. La cueva se formó a expensas de varias diaclasas paralelas que antiguamente servían como afluentes subterráneos del cañón, cuando el nivel base local era más alto.

La cueva presenta dos bocas, por la inferior (B1), en la cota cero, se penetra a la cueva siguiendo hacia el este por un corredor de 10 m de longitud, 2 m de alto y 1 m de ancho, que llega a una estreches bajo una colada de calcita. En el punto A, el techo alcanza la máxima altura de 4 m. En el punto B la altura se reduce a 1,5 m, presentándose una encrucijada de cuatro galerías muy cortas. Dos de ellas están tapiadas por pequeños bloques de caliza muy meteorizada. Al noreste del punto C, dos galerías paralelas se comunican entre sí al final de un recorrido separado por un tabique de caliza porosa, que tiene un metro de espesor promedio. En ese lugar se alcanza la cota +1,8 m en un sector de techo bajo y suelo polvoriento.

Desde el punto A, se trepa 2 m llegando al nivel más alto de la cueva en la cota +4,5. Por la Boca 2, de 3 m de altura por 1,5 m de ancho, entra mucha luz al interior de la cavidad.



## VISITA DEL ESPELEOLOGO JOSE AYRTON LABEGALINI

Durante los días 4 al 10 de junio de 1998 recibimos a José Ayrton Labegalini, presidente de la Sociedad Brasileña de Espeleología (SBE) y secretario de la Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe (FEALC) y de la Unión Internacional de Espeleología (UIS). El motivo de su viaje a Venezuela fue conocer, fotografiar y documentar cuevas turísticas venezolanas en miras a un inventario que se encuentra preparando, sobre las cavidades turísticas de la región de Latinoamérica y el Caribe. Esta obra se presentará ante el evento conjunto: 13<sup>avo.</sup> Congreso Internacional de Espeleología, 4<sup>to.</sup> Congreso Espeleológico de América Latina y el Caribe, y 26<sup>avo.</sup> Congreso Brasileño de Espeleología, todos a realizarse en Brasilia en el año 2001.

Durante la breve estadía pudo viajar a la Cueva del Guácharo, donde observó la infraestructura turística, así como la parte no turística, fotografiando la cavidad. También se realizaron reuniones con funcionarios de INPARQUES y del MARNR responsables del manejo y conservación de la cueva.

De regreso a Caracas se organizó una excursión a la Cueva Alfredo Jahn, que si bien carece de infraestructura para el turismo, es importante como lugar donde aparte de las visitas de grupos no organizados, también se ha iniciado cierto flujo de personas como parte de paquetes con operadores de turismo-aventura.

En la mañana del mismo día de su partida, organizamos una breve excursión a la Cueva del Indio, al sureste de Caracas, también muy concurrida por la población de Caracas.

## LA RUTA QUETZAL-ARGENTARIA Y LA VISITA DEL DR. ADOLFO ERASO R.

Con motivo de la celebración del V Centenario del Descubrimiento de Venezuela, el programa juvenil Ruta Quetzal-Argentina de 1998 visitó a Venezuela. Esta es una iniciativa anual del Monarca de España, en el cual participaron 273 jóvenes con edades entre 16 y 17 años, provenientes de 40 países, principalmente de Iberoamérica y de la Comunidad Europea. La Ruta tuvo un denso programa turístico-cultural de actividades, especialmente relacionadas con la naturaleza. Un mes de viaje tuvo lugar entre España y Portugal, mientras que el segundo mes se dedicó íntegramente en Venezuela, especialmente en el Oriente del país.

El 24 y 25 de julio, las actividades se realizaron en la Cueva del Guácharo y sus alrededores, a fin de dictarles charlas de espeleología científica, en pequeños grupos dentro de la Cueva. Para ello la Organización Quetzal invitó al Dr. Adolfo Eraso, conocido espeleólogo español, por la SVE fueron invitados Rafael Carreño y Franco Urbani.

Ya en Caripe, al grupo de instructores se les unió Iván Rubesa, quien se encuentra realizando en la Cueva y sus alrededores, una tesis de grado en geología. Por eso aprovechamos para que el Dr. Eraso nos instruyera en la fase de recolección de datos para la aplicación de su "Método de Predicción del Drenaje Subterráneo" (BSVE, 31, 1997), de manera que en una estación del Salón Precioso se midieron cerca de 50 tectoglifos, fundamentalmente vetas.

Adicionalmente a la participación del Dr. Eraso en el programa de la Ruta Quetzal, en Caracas nos dictó dos interesantes charlas relacionadas con la temática de los glaciares y los fenómenos kársticos en ellos desarrollados, una se realizó en el Departamento de Geología de la Universidad Central de Venezuela y otra en la sede de la SVE.

## ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ (1923 – 1998)

Paolo FORTI

Instituto Italiano di Speleologia. Via Zamboni 67. 40127 Bologna. Italia. Email: forti@geomun.unibo.it

Una noticia imprevista llegó desde Cuba por vía telefónica y correo electrónico: Antonio Núñez Jiménez nos dejó el domingo 13 de septiembre. Los más jóvenes probablemente no lo recuerden, aun cuando hayan frecuentado algunos de los congresos internacionales tal vez no lo hayan nunca encontrado, es una lástima para ellos...

Antonio fue tal vez uno de los más increíbles espeleólogos del presente siglo, habiendo interceptado las páginas de la historia y ciertamente a veces contribuyendo a escribirla. Nació en una familia pudiente, iniciándose en la actividad espeleológica en 1939 a la temprana edad de 16 años, cuando exploró a Cueva de la Candela. Inmediatamente trabajó intensamente en organizar las actividades espeleológicas en su país y en 1940 funda la Sociedad Espeleológica de Cuba (SEC), de la cual será su Presidente en forma ininterrumpida.

Se graduó en filosofía y letras en la Universidad de la Habana en 1951 y posteriormente obtiene el grado de Doctor en Geografía en la Universidad de Lomonosov de Moscú, así como el de Doctor en Ciencias Geográficas de la República de Cuba. Es nombrado Profesor de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba.

Pero es la revolución Castrista la que marcará para siempre su vida, donde alcanza el grado de Capitán. Precisamente gracias a su conocimiento espeleológico, pudo salvar de la captura y tal vez de la muerte a Castro y Guevara, escondiéndolos en una de las cuevas de la Sierra de Los Órganos. Una vez victoriosa la Revolución, Castro recompensó a Antonio, promoviéndolo al cargo de Viceministro de Cultura, dándole a la Sociedad Espeleológica de Cuba un cierto poder, también político, absolutamente único en el mundo. Basta recordar que en el ejército cubano

existía una "brigada espeleológica".

Por más de 50 años de actividad espeleológica, Antonio no solamente exploró e hizo explorar las cuevas de Cuba y de muchos otros países, también publicó más de 100 trabajos científicos y monografías espeleológicas, comprendiendo los campos de la espeleogénesis, geomorfología, mineralogía y arqueología.

Además tiene el mérito de haber contribuido en forma fundamental en el crecimiento de la espeleología de América Latina, con influencia desde México hasta Argentina, que hoy en día tienen sus propias instituciones espeleológicas.

Fue uno de los pilares fundamentales para iniciar en 1981 una organización espeleológica para la región de la América Latina y el Caribe, formalmente fundada en 1983 como la Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe (FEALC), de la cual fue su primer presidente. Dicho ente es reconocido por la Unión Internacional de Espeleología, e integra a espeleólogos de 22 países.

La frenética actividad de Núñez Jiménez no se limitó a la espeleología, sino también a la arqueología americana, habiendo estudiado sistemáticamente los petroglifos de Perú. Como presidente de la Comisión Cubana para la conmemoración del Quinto Centenario del arribo de Cristóbal Colón a América, ideó un viaje de por sí único, en canoa desde las fuentes del Amazonas en Perú hasta Cuba, siguiendo el Amazonas, luego el río Negro, Brazo Casiquiare y río Orinoco en Venezuela, hasta desembocar en el Golfo de Paria y de ahí a través de las islas de las Antillas hasta llegar a Cuba.

Tuve la suerte de conocerlo bien y tenerlo como un amigo. El primer encuentro ocurrió hace unas dos décadas atrás en una reunión espeleológica internacional, donde me lo presentó el espeleólogo español Adolfo Eraso. Después nos encontramos al menos una decena de veces más, ya sea en Cuba, donde fui invitado a su bella casa de Miramar, así como en otras partes del mundo.

Me gusta recordar como en una oportunidad Antonio casi crea un incidente diplomático. En esa ocasión se encontraba en Italia como Viceministro y presidente de la Comisión Cubana, para la puesta a punto del programa final de las actividades del Quinto Centenario, naturalmente el programa de sus actividades ya había sido decidido por las autoridades involucradas desde meses antes y era muy corto, debiendo respetarse además tanto las necesidades protocolares como las de seguridad personal. Pues él decidió que la reunión tuviera medio día de duración y se hiciera en mi casa. Pueden imaginarse el estupor en todos (Embajador de Cuba, Prefecto de Bologna, "carabineros" de escolta, servicios secretos...). Mi teléfono no dejó de sonar durante los dos días anteriores, con llamadas de las autoridades que me preguntaban: ¿Porqué justamente sería en mi casa?... ¿que relación tenía con él?... Yo invariablemente respondía, si bien no me creían, que era simplemente un amigo, que compartíamos nuestro amor por la espeleología y que eso era razón más que suficiente...

En una oportunidad pasamos una agradable tarde hablando de las exploraciones hechas juntos, de cuando me había herido en el interior de la Cueva de Santo Tomás y preparamos varios proyectos a futuro, ante la mirada incrédula de sus principales acompañantes cubanos e italianos, quienes habían tenido que

renunciar a un programa que para ellos hubiera sido muy importante... En esa oportunidad me sorprendió ver su humanidad y su interés por la instrucción de sus conciudadanos, me rogó que lo acompañara a un negocio donde pudiera comprar creyones para donar a los alumnos de una escuela de arte, que viviendo el embargo, no tenían nada para poder dibujar. Antonio también era así.

A los espeleólogos, no solamente cubanos, deja como herencia una serie de organizaciones pensadas y realizadas por él, que han ayudado en el pasado y ayudarán en el futuro para que los jóvenes puedan acercarse con facilidad y seguridad al fascinante mundo de las cuevas.

En Cuba quedará su casa, ya desde tiempo prácticamente transformada en un museo donde hay objetos recogidos por él en su peregrinar en todo el mundo, además una biblioteca, no sólo espeleológica, que pudiera ser la envidia de muchas sociedades científicas nacionales. A los que lo conocieron les quedará el recuerdo de una personalidad única, que sabía complementar su índole frenética y decisionista, con una educación exquisita y un sincero amor por la discusión. A los amigos, un vacío difícil de llenar.

## PALEOKARST EN CALIZAS CRETACICAS EN EL SUBSUELO DEL CAMPO LA PAZ, ESTADO ZULIA

E. BUENO

Durante las *Terceras Jornadas de Caracterización de Yacimientos*, realizadas por PDVSA en Puerto La Cruz en marzo de 1998, el Geólogo Emilio BUENO expuso este interesante trabajo, que se origina en la interpretación estructural del levantamiento sísmico 3D del campo petrolero La Paz, al Oeste de Maracaibo.

En las calizas cretácicas del subsuelo del campo, se interpretaron estructuras paleokársticas consistentes en depresiones de forma circular, de unos 500 a 1.000 m de diámetro. Si el espesor de la parte levantada y deprimida hubiese sido el mismo, podría entonces tratarse simplemente de un graben, aunque habría luego que justificar el origen de la forma circular. Pero como el espesor de la parte deprimida es menor que en la levantada, surge la posibilidad de tratarse de estructuras paleokársticas derrumbadas. La diferencia de espesores entre las zonas presumiblemente derrumbadas y las no derrumbadas puede alcanzar unos 100 m. Las estructuras circulares se interpretan como uvalas y están ubicadas al norte del campo La Paz, donde la reducción de los espesores totales de las calizas indican que existió una zona de mayor elevación, donde las rocas pudieron estar expuestas a karstificación presumiblemente durante un descenso del nivel del mar. Aunque es probable que existan también otras estructuras kársticas como lapiaces y dolinas, éstas no pueden ser observadas en la sísmica 3D debido a la resolución, que es de unos 70 m.

Utilizando la metodología de la estratigrafía secuencial quedó establecido que al final de cada ciclo estratigráfico identificado, hubo un acercamiento relativo a la superficie y a veces incluso aflorando, con influjo de aguas meteóricas y por

ende la posibilidad de karstificación. No se descarta la presencia en el campo La Paz, de otras zonas similares, donde pueda existir karstificación en las calizas del Grupo Cogollo.

## NUEVOS ESTUDIOS POR ESPECTROSCOPIA MÖSSBAUER DE ESTALACTITAS DE LAS MINAS DE SANTA ISABEL, GUARICO

En el *Congreso Latinoamericano de Espectroscopia Mössbauer* de 1998 realizado en Río de Janeiro, L. D'ONOFRIO, F. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ y F. URBANI presentaron este trabajo, que continúa el estudio publicado previamente en este *Boletín* (no. 31, p. 1-3, 1997). En esa oportunidad se indicó que algunas de las muestras analizadas son completamente paramagnéticas a temperatura ambiente y no muestran un espectro magnético completo a 77K. Los parámetros hiperfinos obtenidos a esa temperatura permitieron asignar el espectro observado a la goethita y se propuso que se encontraba en partículas muy pequeñas.

En consecuencia, el trabajo continuó en forma sistemática con aquellas muestras que resultaron "amorfas" con difracción de rayos X, en búsqueda de aquellas con un espectro Mössbauer que mostrara la mayor presencia de contribuciones superparamagnéticas a la menor temperatura, lo que en consecuencia correspondería a los menores tamaños de partículas. De hecho se encontró una muestra que presenta una relación de contribuciones de 30% magnético y 70% superparamagnético a 77K. Con base al conocimiento de los autores, esto indica que estamos ante la presencia de las partículas de goethita más pequeñas observadas en la naturaleza. Tomando en cuenta el trabajo de BOCQUET *et al.* (*Phys. Rev.* 46: 11.657, 1992), el tamaño de partículas es menor de 10 nm. A 43K se obtiene contribuciones 50% magnéticas - 50% paramagnéticas y a 4,1K el espectro Mössbauer fue completamente magnético, mostrando que la distribución del campo hiperfino se debe a un comportamiento de onda spin bien conocido para goethita.

## CONTENIDO DE LOS BOLETINES DE DIVULGACION ESPELEOLOGICA

### EL GUACHARO, NUMEROS 42, 43 y 44.

Se indica el título de los trabajos, nombres de autores en cursivas y entre paréntesis los números de las páginas. Cuando se trata de reimpressiones de artículos previamente publicados, entre paréntesis se indica en año de la publicación original.

#### Número 42, abril 1998

**Trabajos originales:** Observaciones realizadas durante el eclipse total de sol del 26 de febrero de 1998 en una cueva de Paraguaná, estado Falcón, Venezuela. (Incluye un disquete con las tablas de datos). F. URBANI (1-46). La espeleología en Argentina: historia y estado actual. C. BENEDETTO (47-53). **Reimpressiones:** El arte rupestre del sur de Venezuela: una síntesis (1997). J. GREER (54-68). Karst in siliceous rock: Karst landforms and caves in the Auyán-tepui massif (Bolívar, Venezuela) (1995). L. PICCINI (69-82). Algunos aspectos

ecológicos sobre las biocenosis del guano en una caverna venezolana (1982). C. V. ÁLVAREZ (83-150). Venezuela '97. Nella terra del guácharo (1997). M. FABI & A. LAMACCHIA (151-155). Mapa aeroradiométrico de la zona de los ríos Guasare y Socuy. Sierra de Perijá, estado Zulia (1977). N. ESCALONA (156). Noticias: Circular del Presidente de la FEALC. C. BENEDETTO. (157-159). Noticias de Brasil. A. AULER (159). Las mayores cavidades de Venezuela, abril 1998. F. URBANI & R. CARREÑO (160-161).

#### Número 43, agosto 1998 [*Memorias del III Congreso Espeleológico de América Latina y del Caribe (III-CEALC) y de la V Asamblea General de la Federación Espeleológica de América Latina y del Caribe (FEALC)*]

Presentación. C. BENEDETTO. (2). Programa de actividades. (3). Nómina de participantes. (4-7). Documentos: Memoria FEALC 1992-1996. (8-11). Acta V Asamblea General de la FEALC. (12-16).

**Resúmenes:** Los colémbolos (Insecta: Apterygota) y su adaptación a la vida cavernícola. J. PALACIOS VARGAS. (17). Infraestructura de cavernas turísticas. Alternativa de mínimo impacto. J. A. LABEGALINI. (18). Problematique di salvaguarda e di fruizione di un parco carsico: l'esperienza del Parco dei "Gessi Bolognesi" (Italia). G. RIVALTA. (19). Revisión de sincáridos Stygocarididae de Argentina. L. GROSSO & M. PERALTA. (20). El relieve kárstico de Bardas Blancas - Malargüe - Mendoza. R. MIKKAN. (21). La Commission des Speleo-Secours de l'Union Internationale de Speleologia. A. SLAGMOLEN. (22). Edades de radiocarbono en un depósito de guano de murciélago de la Cueva Ricardo Zuloaga, Venezuela. F. URBANI. (23). Una revisión de los minerales de cavidades venezolanas. F. URBANI. (24).

**Ponencias en texto completo:** La espeleología en Bolivia. R. BECERRA DE LA ROCA. (25-29). Speleology in the red land of Misiones. S. BARREDO & S. CHÁVEZ. (30-34). Problemas de geração de hidroelectricidade em regiões cársticas. J. A. LABEGALINI. (35-41). I nuovi concetti speleogenetici: cosa e'cambiato negli ultimi anni?. P. FORTI. (42-44). Los invertebrados de las cuevas de Eslovaquia. L. KÓVAC, I. HUDEC & J. PALACIOS VARGAS. (45-59). Cuevas y espeleología minera en la Sierra de Famatina, La Rioja, República Argentina. G. REDONTE. (60-67). Proyecto Uruguay (PUR), relevamiento de cuevas en la República del Uruguay. E. TEDESCO & S. BARREDO. (68-82). Alteraciones causadas por explotación minera en el Sistema Cuchillo Cura: propuesta para la conservación del cavernamiento. G. REDONTE. (83-93). Un montón de pinturas olvidadas. W. CALZATO. (94-100). Arqueología del Sistema Cavernario Cuchillo Cura. W. CALZATO. (101-106). Recuperación de la caverna de Las Brujas. C. BENEDETTO. (107-111). Observaciones biológicas en la "Cueva de los Murciélagos", Vuelta de Obligado, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. E. LIPPS, P. AUSTIN & A. PÉREZ GONZÁLEZ. (112-116). Cavidades en yeso cercanas a Pincheira, Malargüe, Mendoza, Argentina. G. CERDA, P. SECO & O. MENA. (117-121). Cavidades en lava y caliza al sureste de Malargüe, Mendoza, Argentina. M. BROJAN, Á. CASTRO & G. CASTRO. (122-126). Exploración de cavidades artificiales, una en la provincia de Buenos Aires y cuatro en la ciudad de Paraná,

provincia de Entre Ríos. L. CARABELLI. (127-138).

Número 44, diciembre 1998

Trabajos originales: Apuntes mineralógicos sobre algunas cuevas del Departamento de Malargüe, Mendoza, Argentina. F. URBANI (1-4). *Resúmenes extensos de trabajos con temas espeleológicos presentados en las "Jornadas de Investigación, Facultad de Ingeniería, 1998", Universidad Central de Venezuela, Caracas* [Mediciones de radioactividad gamma natural: influencia de la litología y geometría de la estación. L. ANGUILO, L. BARBOZA, G. CARRILLO, G. MARTÍNEZ & F. URBANI (5-6). Mineralogía del guano de murciélagos de la Cueva Ricardo Zuloaga, Peñón de Las Guacas, estado Miranda. H. FOURNIER & F. URBANI (7-8). Mineralogía de muestras de cerámica arqueológica procedentes de cuevas venezolanas. H. FOURNIER, F. URBANI, M. A. FALCÓN, M. PARRA & L. CAMPOSANO (9-10). Composición química de las aguas y mineralogía de los depósitos químicos secundarios de la mina de Santa Isabel, Guárico. L. NAVARRO, N. FERNÁNDEZ, F. URBANI, A. RAMÍREZ & R. GONZÁLEZ (11-12). Estudio de dos secuencias de sedimentos de la cueva de Iglesias (Mi.50), estado Miranda. R. RENGIFO, A. RINALDI & F. URBANI (13-14). El Complejo Ígneo-Metamórfico de Caño del Chorro, cuenca del río Socuy, Sierra de Perijá, estado Zulia. F. URBANI & L. MELO (14-16). Registro de inundaciones en la cueva "Sumidero Los Cantos" (Zu.70), cuenca del río Socuy, Sierra de Perijá, Zulia. F. URBANI, R. CARREÑO (16-17)]. Breves notas antropológicas de la zona aledaña a la Cueva del Indio de Pipe Abajo, Distrito Federal, Caracas. B. URBANI (18). Informe sobre el geoglifo "La Rueda del indio", Chirgua, Venezuela. B. URBANI & F. URBANI (19-34). Reimpresiones: Histoplasmosis y espeleología: experiencias en México (1997). I. A. MONTERO GARCÍA (35-40). Los santuarios cavernosos. Un estudio del uso ceremonial de abrigos rocosos en los Páramos de Mérida (1997). J. A. GIL DAZA (41-53). Cave sites in Trujillo, Venezuela (1970). B. R. LEWIS & J. R. MORIARTY (54-58). Las expediciones científicas españolas a iberoamérica durante la 2ª mitad del siglo XVIII: Su interés histórico - espeleológico (1997). J. MARTÍNEZ DE CAÑAS GONZÁLEZ (59-65). Cueva del Piache. Isla de Margarita (1940). P. WAGENAAR HUMMELINK (65). Noticias: Informe de la exploración a la Cueva de Las Murracas. Sierra de Cojedes. 6 al 8 de junio de 1997. K. GHNEIM (66). Las mayores cavidades de Venezuela, diciembre 1998. F. URBANI & R. CARREÑO (67-68). Brasil 2001. C. F. LINO & J. A. LABEGALINI (69-71). UIS - Union Internationale de Spéléologie. J. A. LABEGALINI (72). Código de ética da UIS para a prática da espeleologia em países estrangeiros. (73).

## LA SIMA MAS PROFUNDA DEL MUNDO:

### LAMPRECHTSOFEN -1632 m.

MERLO G.

El 19 de agosto de 1998 una expedición polaca cambió el listado de las cavidades más profundas, durante una expedición en los Alpes Austríacos, específicamente en el macizo de Leoganer Steinberge. Esto se produjo al encontrar una conexión entre la cueva conocida como "PL-2" de -400 m y el

Sistema de Lamprechtsofen, que para este momento alcanzaba un desnivel de -1532 m ubicándola en segundo lugar en el mundo. La expedición iniciada el 20 de julio de ese mismo año, toma la decisión de no proseguir con la exploración de "PL-2", sino de explorar el Salón de la Lluvia de la Cueva Vogelschacht del Sistema de Lamprechtsofen. La orientación de los pasajes que exploraban les dio a suponer que podrían estar a unos 30 ó 60 m de "PL-2", pero constatarlo les tomó varios días, revisando unos 1.200 m de galerías, chimeneas y simas. El rumbo que se tomó entre las distintas galerías fue a través de una pequeña ventana decorada con aragonita, el cual se cristaliza en lugares con fuertes corrientes de aire, lo que les orientó en la dirección a seguir. Fue entonces, el 18 de agosto, cuando descendiendo nuevamente por una sima ya explorada por un equipo anterior, alcanzaron una ventana en la pared, tras la cual se encontraron en una zona de grandes galerías de la "PL-2".

Antes de concluir la expedición, el equipo revisó parcialmente una boca 15 m más alta que la de "PL-2". Allí se alcanzó una profundidad de -40 m en un lugar muy cercano a la "PL-2".

En 1979 este sistema alcanzaba una profundidad de -1022 m. En 1990 mediante la conexión con "N-132" se alcanzaron los -1484 m, ubicándose en cuarto lugar a nivel mundial. En 1995 se conecta con Vogelschacht llegando hasta -1532 m ocupando el segundo lugar detrás de Réseau Jean-Bernard -1602 m, hasta el 19 de Agosto de 1998 cuando se logra alcanzar un desnivel de -1632 m.

## NUEVAS COLONIAS DE GUACHAROS

CARREÑO R.

En enero de 1997 recibimos la visita de los espeleólogos italianos Massimiliano Fabi y Adriano Lamacchia de la Commissione Grotte Eugenio Boegan de Trieste. En esa ocasión acudimos al karst monaguense de Mata de Mango, visitando las cuevas de Anton Gøring. Allí el Baquiano Domingo Maita nos confirmó la existencia de cavidades con guácharos (*Steatornis caripensis*), en el lejano sector de El Culta. Se conocen cuatro cavernas hidrológicamente activas, denominadas la Cueva del Chorro, El Caituco, Nueva y El Culta. No cuantificaron la cantidad de aves, pero estimaron que cada una de las colonias contiene comparativamente más pájaros que los observados en la conocida Cueva Clara; a excepción de El Caituco que alberga pocos guácharos por ser un recinto pequeño. Adicionalmente comentaron que más hacia el este, en Marutón, unos militares hallaron dos nuevas colonias en 1980. Se requieren varios días para llegar allí por senderos que se borran por el escaso tránsito. Regresando a Yucucual se nos volvió a comentar sobre una pequeña colonia en La Margarita.

En otra salida el Grupo de Exploración Científica Minas de Aroa y la SVE, topografiaron una colonia de guácharos en Yaracuy. Se trata de la Cueva de los Añadidos que alberga unas 70 aves en Paragüito, al SW de Aroa.

# INDICE GENERAL DEL BOLETIN DE LA SOCIEDAD VENEZOLANA DE ESPELEOLOGIA, N<sup>os</sup>. 1 AL 32, 1967-1998

Khalil GHNEIM

Biblioteca. Sociedad Venezolana de Espeleología.  
Apartado 47.334, Caracas 1041A.

## INTRODUCCION

En 1977 se publicó por primera vez el índice de este *Boletín* (Vol. 8, n<sup>o</sup> 15), abarcando los primeros 15 números. Ahora al llegar al número 32, se ha considerado necesario la publicación de un nuevo índice general, para así facilitar la búsqueda de material bibliográfico.

A través de estos 31 años de esfuerzo editorial, el *Boletín* ha cambiado de tamaño, formato, aspecto y también se han cambiado los nombres de los temas de su contenido.

A partir del n<sup>o</sup> 31 la subdivisión temática de las áreas científicas sigue la recomendación de la revista *Speleological Abstracts* de la Unión Internacional de Espeleología (UIS), es decir *antropoespeleología*, para los tópicos relacionados con el ser humano y las cuevas, e incluye también los temas de historia, *bioespeleología* que abarca artículos sobre las ciencias de la vida y la salud, *geoespeleología* sobre el medio físico de las cavidades. Adicionalmente están las secciones del *Catastro Espeleológico Nacional*, que contiene las descripciones de las cavidades venezolanas y el *Noticiero*, donde en realidad se ha incluido mucha diversidad de material, desde noticias propiamente dichas, hasta notas breves, orbitarios y reseñas bibliográficas.

El número de entradas para cada subdivisión temática es el siguiente: Antropoespeleología: 65, Bioespeleología: 48, Geoespeleología: 81, Noticiero, etc.: 158, Catastro Espeleológico Nacional: 554 cavidades, con Falcón, Bolívar, Zulia, Miranda y Monagas, con más de 50 cuevas catastradas en cada uno de ellos.

Hay que hacer notar que los trabajos con un contenido mixto se han incluidos en más de una categoría.

En un futuro cercano, todas las entradas incluidas en este índice, así como aquéllas de nuestra publicación divulgativa *El Guácharo*, se encontrarán en una base de datos computarizada, que permitirá buscar las referencias bibliográficas deseadas en forma más rápida y eficiente.

A continuación se presenta la lista de los boletines con su identificación original, que esperamos sea de utilidad para aquellas personas o instituciones que quieran saber si disponen de la colección completa.

## Lista de boletines publicados

Identificación	Fecha	Número	Disponibilidad
Vol. 1, n <sup>o</sup> 1	Agosto 1967	1	Agotado
Vol. 1, n <sup>o</sup> 2	Marzo 1968	2	Agotado
Vol. 2, n <sup>o</sup> 1	Marzo 1969	3	Disponible
Vol. 3, n <sup>o</sup> 1	Marzo 1970	4	Disponible
Vol. 3, n <sup>o</sup> 2	Noviembre 1971	5	Disponible
Vol. 3, n <sup>o</sup> 3	Octubre 1972	6	Disponible
Vol. 4, n <sup>o</sup> 1	Abril 1973	7	Disponible
Vol. 4, n <sup>o</sup> 2	Octubre 1973	8	Disponible
Vol. 5, n <sup>o</sup> 1	Abril 1974	9	Disponible
Vol. 5, n <sup>o</sup> 10	Octubre 1974	10	Disponible
Vol. 6, n <sup>o</sup> 11	Abril 1975	11	Disponible
Vol. 6, n <sup>o</sup> 12	Octubre 1975	12	Disponible
Vol. 7, n <sup>o</sup> 13	Abril 1976	13	Agotado
Vol. 7, n <sup>o</sup> 14	Octubre 1976	14	Disponible
Vol. 8, n <sup>o</sup> 15	Abril 1977	15	Disponible
Vol. 8, n <sup>o</sup> 16	Octubre 1977	16	Disponible
Vol. 9, n <sup>o</sup> 17	Abril 1978	17	Agotado
Vol. 10, n <sup>o</sup> 18	Abril 1982	18	Disponible
Vol. 10, n <sup>o</sup> 19	Octubre 1982	19	Disponible
N <sup>o</sup> . 20	Abril 1983	20	Agotado
N <sup>o</sup> . 21	Diciembre 1984	21	Agotado
N <sup>o</sup> . 22	Diciembre 1986	22	Agotado
N <sup>o</sup> . 23	Diciembre 1988	23	Disponible
N <sup>o</sup> . 24	Diciembre 1990	24	Disponible
N <sup>o</sup> . 25	Diciembre 1991	25	Disponible
N <sup>o</sup> . 26	Diciembre 1992	26	Disponible
N <sup>o</sup> . 27	Diciembre 1993	27	Disponible
N <sup>o</sup> . 28	Diciembre 1994	28	Disponible
N <sup>o</sup> . 29	Diciembre 1995	29	Disponible
N <sup>o</sup> . 30	Diciembre 1996	30	Disponible
N <sup>o</sup> . 31	Diciembre 1997	31	Disponible
N <sup>o</sup> . 32	Diciembre 1998	32	Disponible

El índice aparece dividido según las divisiones temáticas indicadas, con los trabajos en orden alfabético de los autores.

## ANTROPOESPELEOLOGIA (espeleología histórica, arqueología, antropología, historia)

BORGES E. & M. A. PERERA. 1973. Material aflorado en la cueva del Tigre (Fa.21), estado Falcón. *BSVE*, 4(1): 109-114, 5 figs.



- CARREÑO R. & F. URBANI. 1997. La Gruta de Los Morrocayos, Aragua de Maturín, Monagas. *BSVE*, 31: 31-36, 5 figs.
- CARREÑO R. 1996. Actividades espeleológicas venezolanas desde 1990 hasta 1995. *BSVE*, 30: 56-69, 4 figs.
- GARBISU O. & M. A. PERERA. 1967. La Cueva Lizardo (Lizardo, edo. Falcón). *BSVE*, 1(1): 45-51, 3 figs.
- GIL DAZA J. A. 1997. Arqueología en los abrigos rocosos de La Maneta, Mérida, Venezuela. *BSVE*, 31: 26-30, 2 figs.
- GILBERT A. 1994. Expéditions spéléologiques françaises en Amérique latine. *BSVE*, 28: 27-33, 6 figs.
- GILBERT A. 1994. Les grottes en Amérique Latine vues par des explorateurs français du XIXe siècle. *BSVE*, 28: 21-26, 5 figs.
- GILBERT A. 1995. Recherches spéléologiques françaises aux Antilles. *BSVE*, 29: 58-61, 4 figs.
- GILBERT A. 1997. Historique des expéditions speleologiques françaises au Guatemala. *BSVE*, 31: 53-56, 3 figs.
- GILBERT A. 1998. Historique de la speleologie au Perou (1802-1989). *BSVE*, 32: 44-48, 2 figs.
- HALL R. L. & E. HARBURG 1970. Análisis de unos tiestos de una cueva del estado Portuguesa, Venezuela. *BSVE*, 3(1): 63-71, 3 figs.
- HARTWINS G. 1969. Nueva descripción de La Cueva del Guácharo. "The Subterranean World" (1871). (Traducción de E. ARNAL). *BSVE*, 2(1): 75-77.
- JANSEN P. G. 1969. Grutas y Cavernas de Venezuela (1931). *BSVE*, 2(1): 79-82. (Traducción de F. URBANI).
- LAGARDE J. 1995. Hallazgo arqueológico en Falcón. *BSVE*, 29: 78.
- LAGARDE J. 1996. Estatuilla prehispánica del área de Trujillo. *BSVE*, 30: 71, 1 fig.
- MARTÍN C. A. & S. TILLET. 1984. Maíz prehispánico en un abrigo rocoso del estado Mérida, Venezuela. *BSVE*, 21: 17-20, 2 figs.
- MARTÍN C. A. 1976. Arqueología de la cueva El Zamuro, estado Portuguesa, Venezuela. *BSVE*, 7(14): 181-197, 7 figs.
- PALACIOS-VARGAS J. G. 1993. Historia y estado actual de la bioespeleología en México. *BSVE*, 27: 14-17.
- PERERA M. A. & C.A. MARTÍN 1982. Notas sobre la arqueología de dos abrigos rocosos en la Sierra de la Costa Central. *BSVE*, 10(19): 137-141, 3 figs.
- PERERA M. A., E. BORGES & C. A. MARTÍN. 1977. Arimá, un cementerio histórico de la Alta Guajira. *BSVE*, 8(15): 51-66, 7 figs.
- PERERA M. A. & H. MORENO. 1984. Pictografías y cerámica de dos localidades hipogeas en la penillanura del norte, Territorio Federal Amazonas y distrito Cedeño del estado Bolívar. *BSVE*, 21: 21-32, 11 figs.
- PERERA M. A. & F. URBANI. 1976. El análisis químico de cerámicas en el estudio del material arqueológico del estado Falcón, Venezuela. *BSVE*, 7(14): 267-282, 7 figs.
- PERERA M. A. & J. VAZ. 1976. Contribución al conocimiento de la espeleología histórica en Venezuela. III parte. La arqueología del estado Falcón, un análisis relacional entre los paraderos hipogeos de la costa y la sierra. *BSVE*, 7(13): 57-80, 5 figs.
- PERERA M. A. 1969. Breve relación sobre una cueva de interés espeleoarqueológico. *BSVE*, 2(1): 49-61, 5 figs.
- PERERA M. A. 1970. Notas preliminares acerca de los petroglifos de algunas cuevas del estado Falcón, Venezuela. *BSVE*, 3(1): 51-61, 7 figs.
- PERERA M. A. 1970. Notas arqueológicas sobre la alfarería de la Cueva del Toro, estado Falcón, Venezuela. *BSVE*, 3(1): 73-82, 4 figs.
- PERERA M. A. 1971. Contribución al conocimiento de la espeleología histórica en Venezuela. I Parte. Introducción. *BSVE*, 3(2): 145-150, 1 fig.
- PERERA M. A. 1971. Contribución al conocimiento de la espeleología histórica en Venezuela. II Parte. La arqueología hipogea del Orinoco Medio, Territorio Federal Amazonas. *BSVE*, 3(2): 151-163, 7 figs.
- PERERA M. A. 1972. Sobre tres colecciones de cerámica funeraria venezolana. Museo del Hombre, París. *BSVE*, 3(3): 217-222, 3 figs.
- PERERA M. A. 1972. Revisión bibliográfica de interés espeleohistórico. Venezuela. 1972. *BSVE*, 3(3): 223-228.
- PERERA M. A. 1972. Historical speleology and venezuelan archaeology. *BSVE*, 3(3): 231.
- PERERA M. A. 1973. La alfarería de la cueva Coy-Coy de Uria (Fa.20), Sierra de San Luis, estado Falcón. *BSVE*, 4(1): 97-107, 8 figs.
- PERERA M. A. 1974. Las cuevas funerarias de los Yukpa del río Negro, estado Zulia. *BSVE*, 5(1): 149-158, 8 figs.
- PERERA M. A. 1975. Espeleología histórica y arqueología venezolana. *BSVE*, 6(11): 25-32, 1 fig.
- PERERA M. A. 1976. Catálogo de localidades espeleohistóricas, Venezuela 1976. *BSVE*, 7(14): 199-239.
- PERERA M. A. 1976. Segunda revisión bibliográfica de interés espeleohistórico. Venezuela. 1976. *BSVE*, 7(14): 241-247.
- PERERA M. A. 1976. Notas sobre una excavación en la cueva del Guácharo (Mo.1), estado Monagas, Venezuela. *BSVE*, 7(14): 249-265, 11 figs.
- PERERA M. A. 1977. Algunas consideraciones generales sobre los trabajos espeleológicos realizados en el área del Caribe. *BSVE*, 8(15): 39-46.
- PERERA M. A. 1978. Aspecto socioestructurales y geográficos del culto a María Lionza. *BSVE*, 9(17): 49-71, 12 figs.
- PERERA M. A. 1983. Las cuevas de Punta de Cerro, departamento Atures, Territorio Federal Amazonas, Venezuela. *BSVE*, 20: 19-27, 6 figs.
- PERERA M. A. 1983. Sobre un cementerio Piaróa en el río Parguaza, distrito Cedeño, estado Bolívar. *BSVE*, 20: 29-38, 7 figs.
- PERERA M. A. 1983. Tercera revisión bibliográfica de interés espeleohistórico, Venezuela 1983. *BSVE*, 20: 39-42.
- PERERA M. A. 1986. Aturupe (31 de mayo de 1800). *BSVE*, 22: 11-20, 8 figs.
- PERERA M. A. 1986. Reseñas del Musée de L'Homme, París y del Rijksmuseum voor Volkenkunde, Leiden sobre arqueología nacional. *BSVE*, 22: 44-48, 5 figs.
- PERERA M. A. 1988. La espeleología histórica en la antropología nacional, logros y perspectivas (Veinte años de actividades 1967- 1987). *BSVE*, 23: 17-29, 3 figs.
- PERERA M. A. 1990. Cuarta revisión bibliográfica de interés espeleohistórico. *BSVE*, 24: 20-24.
- RIVES A. 1976. Acerca de la existencia de sacrificios humanos

- entre los recolectores indocubanos. *BSVE*, 7(13): 47-56, 2 figs.
- ROD E. 1990. Notas sobre una pieza arqueológica de la Cueva de La Peonía, estado Lara. *BSVE*, 24: 36.
- SANOJA M. 1977. Nuevas fechas de radiocarbón para la cueva de El Elefante. Estado Bolívar, Venezuela. 1992. *BSVE*, 8(15): 47-50, 1 fig.
- SCARAMELLI F. & C. GALÁN. 1992. Notas antropológicas y etnográficas sobre las cuevas funerarias de mesa Turik (Sierra de Perijá, Venezuela). *BSVE*, 26: 10-26, 4 figs.
- SCARAMELLI F. & K. TARBLE. 1996. Contenido arqueológico y etnográfico de los sitios de interés espeleohistórico del Orinoco medio, Bolívar, Venezuela. *BSVE*, 30: 20-32, 3 figs.
- URBANI B. 1996. Una carta poca conocida de Alexander von Humboldt referente a los petroglifos de una cueva en la Urbana, estado Bolívar, Venezuela. *BSVE*, 30: 33-37, 3 figs.
- URBANI B. 1997. Quinta revisión bibliográfica venezolana de interés antropoespeleológico. *BSVE*, 31: 20-25.
- URBANI F. 1975. ¿Hasta dónde llegó Humboldt dentro de la Cueva del Guácharo?. *BSVE*, 6(12): 136-142.
- URBANI F. 1982. Vida y obra de los iniciadores de la Espeleología en Venezuela. Parte 1: Jean-Baptiste Boussingault, Agustín Codazzi y Aristides Rojas. *BSVE*, 10(18): 17-47, 3 figs.
- URBANI F. 1982. Vida y obra de los iniciadores de la espeleología en Venezuela. Parte 2: Francois Depons, Jean J. Dauxion Lavaysse, James Mudie Spence, Ramón Bolet, Herman F. C. Ten Kate y Leonard V. Dalton. *BSVE*, 10(19): 143-173, 5 figs.
- URBANI F. 1984. Vida y obra de los iniciadores de la espeleología en Venezuela. Parte 3: John Princep, José María del Real, Alexander Walker, Francisco Zea, Pál Rosti, Simón Ugarte, Achille Müntz y Bonifacio Marcano. *BSVE*, 21: 33-50, 6 figs.
- URBANI F. 1986. Vida y obra de los iniciadores de la espeleología en Venezuela. Parte 4. Autores diversos 1855-1896. G. A. Gardiner, M. M. Lisboa (1809-1881). *BSVE*, 22: 29-44, 10 fig.
- URBANI F. 1993. Vida y obra de los iniciadores de la espeleología en Venezuela. Parte 5: Siglo XV y XVI. *BSVE*, 27: 7-13, 4 figs.
- URBANI F. 1995. Vida y obra de los iniciadores de la espeleología en Venezuela. Parte 6. F. L'Herminier (1802-1866). D. L. Beuperthuy (1807-1871). E. S. Vráz (1860-1932). *BSVE*, 29: 47-57, 6 fig.
- URBANI F. 1996. Vida y obra de los iniciadores de la espeleología en Venezuela Parte 7. Siglos XVI al XVIII. *BSVE*, 30: 38-55, 4 figs.
- URBANI F. 1997. Historia espeleológica venezolana. Parte 8: Gaspar Marcano (1850-1891), Vicente Marcano (1848-1891), exploraciones del ing. Juan de Dios Monserrate en 1894. *BSVE*, 31: 37-52, 5 figs.
- URBANI F. 1998. Historia espeleológica Venezolana. Parte 9. Francisco de Paula Álamo (1866-1943). La Comisión Eduardo Röhl a la Cueva del Guácharo. *BSVE*, 32: 49-60, 2 figs.
- VENTO-CANOSA E. & R. QUINTERO-SEGOVIA. 1977. Aplicación del método colágeno en el fechado de las localidades espeleoarqueológicas de la costa norte de Matanzas. *BSVE*, 8(15): 31-37, 1 fig.
- YAGER J. 1994. Speleology in the Bahamas. *BSVE*, 28: 16-19, 2 figs.

## BIOESPELEOLOGÍA

(biociencias, ciencias de la salud)

- ANDRIANI-ARMAS L. E. 1990. Estudio comparativo de dos poblaciones, una hipógea y otra epígea, de *Trichomycterus* sp. (Siluriformes, Trichomycteridae) [incluye un análisis de sus dietas]. *BSVE*, 24: 7-14, 6 figs.
- AVRAM S. 1983. Gonileptidae nouveaux du Venezuela et du Perou (Opiliones, Gonyleptomorphi). *BSVE*, 20: 11-18, 9 figs.
- BORDÓN C. 1973. Fauna de la Cueva A. Jahn. *BSVE*, 4(1): 72, 3 figs.
- BOSQUE C. 1978. La distribución del guácharo, *Steatornis caripensis* (Aves: Steatornithidae) en Venezuela. *BSVE*, 9(17): 29-48, 3 figs.
- BOSQUE C. 1986. Actualización de la distribución del Guácharo (*Steatornis caripensis*) en Venezuela. *BSVE*, 22: 1-10, 1 fig.
- CALUGA M. 1990. Oribátidos nuevos de Venezuela (Acari: Oribatida). *BSVE*, 24: 15-20, 12 figs.
- DIMITRESCU M. & I. JUVARA-BALS. 1976. Position systematique de *Heteroricinoides bordoni* n.g.n.sp. Dans la famille Ricinuleididae (Arachnida). *BSVE*, 7(14): 147-180, 13 figs.
- FEIGE R. 1977. *Letis Nero* Feige, para la meseta de Sarisariñama, estado Bolívar, Venezuela (Noctidae: Ophiderinae). *BSVE*, 8(15): 27-29, 1 fig.
- GALÁN C. & F. F. HERRERA. 1998. Fauna cavernícola: ambiente y evolución. *BSVE*, 32:13-43, 3 figs.
- GALÁN C., A. L. VILORIA & F. F. HERRERA. 1992. Rasgos ecológicos y climáticos de Mesa Turik, Sierra de Perijá, Venezuela. *BSVE*, 26: 2-6, 2 figs.
- GALÁN C. 1982. Notas sobre una anguila blanca (*Synbranchus marmoratus*) colectada en un río subterráneo del NE de Venezuela. *BSVE*, 10(19): 129-131.
- GALÁN C. 1995. Fauna troglobia de Venezuela: sinopsis, biología, ambiente, distribución y evolución. *BSVE*, 29: 20-38, 1 fig.
- GALÁN C. 1996. Notas sobre la fauna cavernícola del norte de Bahía, Brasil. *BSVE*, 30: 14-19, 1 fig.
- GONZÁLEZ-SPONGA M. A. 1974. Dos nuevas especies de alacranes del género *Tityus*, en las cuevas venezolanas (Scorpionida: Buthidae). *BSVE*, 5(1): 55-72, 11 figs.
- GRUIA M. 1988. Hydrachnellae de Venezuela. *BSVE*, 23: 13-16, 14 figs.
- HALFFTER G. 1976. *Deltochilum bordoni*, una especie de scarabaeinae de la meseta de Sarisariñama, estado Bolívar, Venezuela (Coleoptera, Scarabaeidae). *BSVE*, 7(13): 39-45, 1 fig.
- HERRERA F. F. 1995. Las comunidades de artrópodos del guano de guácharo en la cueva del Guácharo, Venezuela. *BSVE*, 29: 39-46, 8 figs.

- LIFFE T. M. 1993. A review of submarine caves and cave biology of Bermuda. *BSVE*, 27: 39-45, 5 figs.
- KANAAR P. 1993. Les coléoptères Histeridae récoltés sur mesa Turik, Sierra de Perijá, Venezuela. *BSVE*, 27: 26-28, 1 fig.
- KUNICKA-GOLDFINGER W. 1982. Preliminary observations on the microbiology of karst caves of the Sarisariñama plateau in Venezuela. *BSVE*, 10(19): 133-136.
- LINARES O. J. & C. J. NARANJO. 1973. Notas acerca de una colección de murciélagos del género *Lonchorhina*, de la Cueva de Archidona, Ecuador (Chiroptera). *BSVE*, 4(2): 175-180, 1 fig.
- LINARES O. J. & I. LÖBIG-A. 1973. El cariotipo del murciélago cavernícola *Natalus tumidirostris*, del norte de Venezuela, y observaciones sobre la afinidades de esta especie con *N. stramineus* (Chiroptera: Natalidae). *BSVE*, 4(1): 89-95, 1 fig.
- LINARES O. J. & J. OJASTI. 1974. Una nueva subespecie del murciélago *Pteronotus parnellii*, en las cuevas de la península de Paraguaná, Venezuela (Chiroptera: Mormoopidae). *BSVE*, 5(1): 73-78, 1 fig.
- LINARES O. J. 1967. Extensión de distribución para *Lonchophylla robusta* con algunas notas sobre las especies venezolanas del género *Lonchophylla* (Chiroptera - Mammalia). *BSVE*, 1(1): 53-59, 4 figs.
- LINARES O. J. 1968. Quirópteros subfósiles encontrados en las cuevas venezolanas. *BSVE*, 1(2): 119-145. 18 figs.
- LINARES O. J. 1969. Notas acerca de la captura de una rata acuática (*Nectomys squamipes*) en la Cueva del Agua (An.1), Anzoátegui, Venezuela. *BSVE*, 2(1): 31-34, 1 fig.
- LINARES O. J. 1969. Quirópteros subfósiles encontrados en las cuevas venezolanas. Parte II. *Tadarida aurispinosa* (Peale) en la Cueva de Los Carraos (Mi.14), Miranda. *BSVE*, 2(1): 45-48, 1 fig.
- LINARES O. J. 1970. Quirópteros subfósiles encontrados en las cuevas venezolanas. Parte III. *Desmodus rotundus* en la Cueva de la Brújula (Mi.1), Miranda. *BSVE*, 3(1): 33-36, 3 figs.
- LINARES O. J. 1972. Studies in the bat *Natalus stramineus* of Venezuelan caves, with special reference to variation and isolation. *BSVE*, 3(3): 231-232.
- LINARES O. J. 1974. Una salamandra del género *Bolitoglossa* de la cueva de Hueque, Sierra de San Luis, Venezuela. *BSVE*, 5(1): 143-147, 1 fig.
- MATEU J. 1978. *Speleodesmoides raveloi*, nuevo género de carabido troglobio en una cueva de Venezuela (Coleoptera: Carabidae). *BSVE*, 9(17): 21-28, 2 figs.
- MAURIES J. P. 1969. Diplópodos de la Cueva del Guácharo, Caripe, Venezuela (Recolectados por O. Linares & P. Strinati). *BSVE*, 2(1): 35-43, 8 figs.
- McFARLANE D. A. & D. E. MACPHEE. 1993. Amblyrhiza and the vertebrate paleontology of anguillan caves. *BSVE*, 27: 33-38, 2 figs.
- MUÑOZ-CUEVAS A. 1975. *Phalangozea bordoni*, nuevo género y especie de opiliones cavernícolas de Venezuela, de la familia Phalangodidae (Arachnida: Opilionida). *BSVE*, 6(12): 87-94, 7 figs.
- PALACIOS-VARGAS J. G. 1993. Historia y estado actual de la bioespeleología en México. *BSVE*, 27: 14-17.
- PÉREZ-CONCA F. 1972. Study for the implantation in Venezuela of an underground scientific research center. *BSVE*, 3(3): 230.
- PÉREZ-CONCA F. 1977. Problemas ambientales de áreas cársicas. Parte 1: La cueva y su ecosistema. *BSVE*, 8(16): 155-174, 5 figs.
- PÉREZ-CONCA F. 1978. Problemas ambientales de áreas cársicas. Parte 2: El efecto de la ocupación humana sobre el ecosistema cavernícola. *BSVE*, 9(17): 73-96, 4 figs.
- PEREZ LA RIVA W. 1970. Comportamiento fisiológico humano en condiciones subterráneas durante un mes dentro de la Cueva del Guácharo, Venezuela. *BSVE*, 3(1): 37-49, 8 figs.
- PEREZ LA RIVA W. 1971. Estudio micológico de la Cueva la Azulita, Andes venezolanos. *BSVE*, 3(2): 139-143, 1 fig.
- RAVELO O. 1975. *Speleophrynus tronchonii* nuevo género y especie de amblipigios de la familia charontidae, en una cueva de Venezuela (Arachnida: Amblipigy). *BSVE*, 6(12): 77-85, 4 figs.
- RAVELO O. 1977. *Speleophrynus borboni* nueva especie de amblipigios de la familia Charontidae, en una cueva de Venezuela (Arachnida: Amblipigy). *BSVE*, 8(15): 17-25, 4 figs.
- SZYMCZAKOWSKI W. 1975. Formes cavernicoles d'*Adelopsis brunneus* Jeann. du Venezuela et de l'île de Trinidad (Coleoptera: Catopidae). *BSVE*, 6(11): 13-24, 25 figs.
- TRAJANO E. & P. GNASPINI 1993. Biological survey of Los Laureles and El Samán caves, Sierra de Perijá, Zulia, Venezuela. *BSVE*, 27: 29-32.
- TRAJANO E. 1993. A review of biospeleology in Brazil. *BSVE*, 27: 18-23.
- VENTO-CANOSA E. 1975. Estudio micológico y microbiológico en la caverna de Bellamar, Cuba. *BSVE*, 6(12): 95- 103, 3 figs.
- VILORIA A. L. 1993. Presencia de *Sarmientoia phaselis* (Hewitson, 1867) (Lepidoptera: Hesperidae) en dos cuevas del occidente de Venezuela. *BSVE*, 27: 24-25, 1 fig.
- VILORIA A. L., F. F. HERRERA & C. GALÁN. 1992. Resultados preliminares del estudio del material biológico colectado en mesa Turik y cuenca del Río Socuy. *BSVE*, 26: 7-9.
- YAGER J. 1995. Speleology in the Bahamas. *BSVE*, 28: 16-19, 2 figs.

## GEOESPELEOLOGÍA

(geología, hidrogeología, geomorfología, climatología)

- ACEVEDO-GONZÁLEZ M. & R. GUTIÉRREZ-DOMECH. 1974. El sistema cavernario Majaguas-Cantera, Pinar del Río, Cuba. *BSVE*, 5(10): 125-142, 9 figs.
- ALVARADO-JAHN R. & J. LESCARBOURA. 1967. Requisitos indispensables para el establecimiento de una estación microclimática subterránea. *BSVE*, 1(1): 15-21, 2 figs.
- ALVARADO-JAHN R. & J. LESCARBOURA. 1968. Estudio espeleometeorológico de la Cueva del Viento, Carora, estado Lara. *BSVE*, 1(2): 69-86, 1 fig.
- BECK B. 1982. Sobre la definición de carso y pseudocarso. *BSVE*, 10(19): 212. (Traducción de F. URBANI).
- BROUGHTON L. P. 1974. Protodolomite and hydromagnesite in

- cave deposits of sumidero Tenejapa, Chiapas, México. *BSVE*, 5(1): 19-25, 2 figs.
- BUENO E. 1998. Paleokarst en el subsuelo del Campo La Paz, estado Zulia *BSVE*, 32: 67.
- BUZIO A. & P. FORTI. 1995. Las pisolitas negras de la Cueva el Santuario, Santa Ana, estado Trujillo, Venezuela. *BSVE*, 28: 13-15, 4 figs.
- CENTRO ARGENTINO DE ESPELEOLOGÍA. 1973. Algunas cuevas en las provincias de Mendoza y La Pampa, República Argentina. *BSVE*, 4(2): 141-146, 4 figs.
- COLVEÉ P. 1973. Cueva en cuarcitas en el cerro Autana, Territorio Federal Amazonas. *BSVE*, 4(1): 5-13, 6 figs.
- D'ONOFRIO L., F. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ & F. URBANI. 1998. Nuevos estudios por espectroscopía Mössbauer de estalactitas de las minas de Santa Isabel, Guárico. *BSVE*, 32: 68.
- D'ONOFRIO L., E. JAIMES, F. GONZÁLEZ-JIMÉNEZ & F. URBANI. 1997. Análisis por espectroscopía Mössbauer de minerales ricos en hierro de algunas cavidades naturales y artificiales de Venezuela. *BSVE*, 31: 1-3, 2 figs.
- ERASO A., M. DOMÍNGUEZ, G. REDONTE, D. GÁTICA & J. PÉREZ. 1997. Aplicación del método de predicción del drenaje subterráneo a la Cueva de Las Brujas, Argentina. *BSVE*, 31: 4-19, 30 figs.
- FORTI P., F. URBANI & A. ROSSI. 1998. Minerales secundarios de las cuevas Indio y Alfredo Jahn, estado Miranda, Venezuela. *BSVE*, 32: 1-4, 1 fig.
- FORTI P. 1995. Los depósitos químicos de la Sima Aonda Superior y de otras cavidades del Auyán-tepui, Venezuela. *BSVE*, 28: 1-4, 5 figs.
- FURRER M. & F. URBANI. 1973. Nuevas localidades fosilíferas en cuevas ubicadas en las formaciones las Mercedes y Guárico, estado Miranda. *BSVE*, 4(2): 135-139, 2 figs.
- GALÁN C. & A. GALÁN. 1983. Notas sobre la Sima Fumarola de Isla de Monos, edo. Anzoátegui. *BSVE*, 20: 3-9, 2 figs.
- GALÁN C., A. L. VILORIA & F. F. HERRERA. 1992. Rasgos ecológicos y climáticos de Mesa Turik, Sierra de Perijá, Venezuela. *BSVE*, 26: 2-6, 2 figs.
- GALÁN C. 1982. Notas sobre la morfología de la Cueva Autana y algunos comentarios generales sobre las formas pseudocársicas desarrolladas en cuarcitas del Grupo Roraima, Guayana venezolana. *BSVE*, 10(19): 115-128, 5 figs.
- GALÁN C. 1986. Cavidades de Argentina: Un resumen. *BSVE*, 22: 21-28, 1 fig.
- GALÁN C. 1988. Cavernas y formas de superficie en rocas silíceas precámbricas del Grupo Roraima, Guayana, Venezuela. *BSVE*, 23: 1-12, 11 figs.
- GALÁN C. 1991. El karst de la Fila de las Cuevas (zona kárstica de Mata de Mango), Monagas, Venezuela. *BSVE*, 25: 1-14, 3 figs.
- GALÁN C. 1991. Hidrología del Sistema del Samán. *BSVE*, 25: 15-25, 3 figs.
- GARCÍA-MAIZTEGI C., J. M. L. DE IPIÑA & I. GOIKOETXEA. 1992. Aspecto geológicos, hidrológicos y geomorfológicos del karst de mesa Turik (Sierra de Perijá, Venezuela). *BSVE*, 26: 27-34, 2 figs.
- GASCOYNE M. 1978. Hydrogeology and solution chemistry of north Venezuelan karst. *BSVE*, 9(17): 5-20, 8 figs.
- GUARCH-RODRÍGUEZ J. & L. PÉREZ-IGLESIAS. 1995. Las cavernas de los cerros calizos de Maniabón, Cuba. *BSVE*, 29: 7-6, 6 figs.
- GUTIÉRREZ-DOMECH M. 1969. Sistema cavernario Cuyaguajeje, Cuba. *BSVE*, 2(1): 5-7, 1969.
- HEDGES J. 1993. A review on vermiculations. *BSVE*, 27: 2-6, 5 figs.
- IPIÑA-L. DE J. M. 1995. Aspecto físico-químico de los tepuyes Acopán y Amurí, macizo de Chimanta, Gran Sabana, Venezuela. *BSVE*, 28: 5-9, 1 fig.
- ITURRALDE-VINENT M. A. & M. R. GUTIÉRREZ-DOMECH. 1995. Some examples of karst development in Cuba. *BSVE*, 29: 7-6, 4 figs.
- MARKER M. 1976. Note on some South African Pseudokarst. *BSVE*, 7(13): 5-12, 3 fig.
- MARTINI J. E. & F. URBANI. 1984. Sveita, un nuevo mineral de la cueva del cerro Autana, (Am.11), Territorio Federal Amazonas, Venezuela. *BSVE*, 21: 13-16.
- MARTINI J. E. 1982. Karst in black reef and Wolkberg Group Quartzite of the Eastern Transvaal Escarpment, South Africa. *BSVE*, 10(19): 99-114, 12 figs.
- MARTINI J. E. 1982. Sveita  $KAl_7(NO_3)_4Cl_2(OH)_{16} \cdot 8H_2O$ , nuevo mineral de la Cueva del Cerro Autana (Am.11), Venezuela. *BSVE*, 10(19): 210-211.
- PEREIRA J. & P. ASO. 1977. Datos meteorológicos de la meseta de Sarisariñama, Estado. Bolívar. *BSVE*, 8(16): 117-126, 1 fig.
- PEREIRA J. 1973. Notas sobre la mineralogía del "Peñón" de Iglesias, La Guairita, estado Miranda. *BSVE*, 4(2): 129-133, 1 fig.
- PÉREZ-CONCA F. 1972. Study for the implantation in Venezuela of an underground scientific research center. *BSVE*, 3(3): 230.
- PÉREZ-CONCA F. 1973. Notas sobre algunos túneles y minas abandonados del Área Metropolitana. *BSVE*, 4(2): 147-152, 6 figs.
- PÉREZ-CONCA F. 1976. Symap y Viewit. Algunas aplicaciones de la computación gráfica a la espeleología. *BSVE*, 7(13): 13-28, 9 figs.
- PÉREZ-CONCA F. 1977. Problemas ambientales de áreas cársicas. Parte 1: La cueva y su ecosistema. *BSVE*, 8(16): 155-174, 5 figs.
- PÉREZ-CONCA F. 1978. Problemas ambientales de áreas cársicas. Parte 2: El efecto de la ocupación humana sobre el ecosistema cavernícola. *BSVE*, 9(17): 73-96, 4 fig.
- PÉREZ-CONCA F. 1978. Cuevas de hielo en el Parque Nacional "Sierra Nevada", estado Mérida *BSVE*, 9(17): 104-106.
- PÉREZ-CONCA F. 1982. Problemas ambientales de áreas cársicas. Parte 3: El acondicionamiento turístico y la planificación de áreas cársicas. *BSVE*, 10(18): 5-15, 2 figs.
- PÉREZ-CONCA F. 1982. Las minas de Aroa. *BSVE*, 10(18): 86-88.
- ROD E. 1967. Cueva La Peonía. *BSVE*, 1(1): 11-13, 2 figs.
- SAJO-BOHUS L., E. D. GREAVES, J. PAIFALVI, G. MERLO & F. URBANI. 1995. Primeras mediciones de la concentración de radón en las cuevas venezolanas. *BSVE*, 29: 17-20, 2 figs.
- SCHUBERT C. 1975. Evidencia de una glaciación antigua en la Sierra de Perijá, estado Zulia. *BSVE*, 6(12): 71-75, 3 figs.

- SZCZERBAN E. & F. URBANI. 1974. Carsos de Venezuela. Parte 4: Formas cársicas en arenisca precámbricas del Territorio Federal Amazonas y Estado Bolívar. *BSVE*, 5(1): 27-54, 17 figs.
- SZCZERBAN E., F. URBANI & P. COLVÉE. 1977. Cuevas y simas en cuarcitas y metalimolitas del grupo Roraima, meseta de Guaiquinima, estado Bolívar. *BSVE*, 8(16): 127-154, 20 figs.
- TRATMAN E. K. 1969. The age of caves. *BSVE*, 2(1): 83-85.
- TWIDALE C. R. 1984. So-called pseudokarst in granite. *BSVE*, 21: 3-12, 12 figs.
- URBANI F. & A. B. LÓPEZ. 1995. Observaciones sobre la dolomitización y desarrollo kárstico en los mármoles de los morros de la Guairita, sureste de Caracas. *BSVE*, 28: 10-12, 2 figs.
- URBANI F. & E. SZCZERBAN. 1975. Formas pseudocársicas en granito rapakivi Precámbrico, Territorio Federal Amazonas. *BSVE*, 6(12): 57-70, 12 figs.
- URBANI F. 1967. La Sima del Agua Dulce (Chichiriviche, edo. Falcón). *BSVE*, 1(1): 5-10, 4 figs.
- URBANI F. 1967. Las espeleotemas. *BSVE*, 1(1): 23-24.
- URBANI F. 1968. Medición de rumbo y buzamientos de planos de estratificación y diaclasas. Aplicación en la espeleología. *BSVE*, 1(2): 87-96, 10 figs.
- URBANI F. 1968. Recolección de muestras geológicas de utilidad en la espeleología. *BSVE*, 1(2): 147-149.
- URBANI F. 1969. Estalactitas con capas concéntricas de calcita y arcilla. Cueva del Guácharo, estado Monagas. *BSVE*, 2(1): 9-13, 3 figs.
- URBANI F. 1970. Concreciones en los sedimentos de la Cueva de Baruta (Mi.11), estado Miranda. *BSVE*, 3(1): 5-10, 5 figs.
- URBANI F. 1971. Carsos de Venezuela. Parte I: Serranía del Interior, oriente de Venezuela. *BSVE*, 3(2): 87-97, 6 figs.
- URBANI F. 1972. Notas de la Cueva Walter Dupouy (Mi.2), Capaya, estado Miranda. *BSVE*, 3(3): 169-178, 8 figs.
- URBANI F. 1973. Carsos de Venezuela. Parte 2: calizas metamórficas de la Cordillera de la Costa. *BSVE*, 4(1): 15-37, 18 figs.
- URBANI F. 1973. Carsos de Venezuela. Parte 3: Zona piemontina de la parte central de la Cordillera de la Costa. *BSVE*, 4(2): 153-173, 21 figs.
- URBANI F. 1974. Epsomita y hexahidrita en cuevas venezolanas. *BSVE*, 5(1): 5-17, 7 figs.
- URBANI F. 1975. Palygorskita en la cueva Las Ursulas (Mi.47): Notas preliminares. *BSVE*, 6(11): 5-12, 4 figs.
- URBANI F. 1975. Formas cársicas en depósitos de hierro residual estado Bolívar, Venezuela. *BSVE*, 6(12): 130-131.
- URBANI F. 1975. Mineralogía de espeleotemas venezolanas. *BSVE*, 6(12): 131-132.
- URBANI F. 1976. Opalo, calcedonia y calcita en la cueva del cerro Autana (Am.11), Territorio Federal Amazonas, Venezuela. *BSVE*, 7(14): 129-145, 9 figs.
- URBANI F. 1976. Comentario general y estado actual de los estudios de las formas cársicas de las cuarcitas del grupo Roraima. *BSVE*, 7(14): 289-293.
- URBANI F. 1977. Espeleotemas de calcita ("Lublinita"), yeso y de materiales de guano, cueva La Milagrosa, Venezuela. *BSVE*, 8(15): 5-15, 5 figs.
- URBANI F. 1977. Notas sobre algunas muestras de leche de luna de cuevas de Venezuela. *BSVE*, 8(16): 109-115, 2 figs.
- URBANI F. 1977. Novedades sobre estudios realizados en las formas cársicas y pseudocársicas del Escudo de Guayana. Octubre 1977. *BSVE*, 8(16): 175-197, 14 figs.
- URBANI F. 1977. Nuevos comentarios sobre estudios realizados en las formas cársicas de las cuarcitas del Grupo Roraima. Abril 1977. *BSVE*, 8(15): 71-77, 1 fig.
- URBANI F. 1990. Bibliografía sobre cavidades desarrolladas en rocas no carbónicas de la Guayana Venezolana. *BSVE*, 24: 1-4.
- URBANI F. 1990. Algunos comentarios sobre terminología kárstica aplicadas a rocas silíceas. *BSVE*, 24: 5-6.
- URBANI F. 1993. Algunos datos adicionales sobre Mesa Turik y Cerro Pintado. *BSVE*, 27: 67-69.
- URBANI F. 1995. Composición fisicoquímica de las aguas kársticas de la zona de Birongo-Capaya, estado Miranda. *BSVE*, 29: 1-6, 5 figs.
- URBANI F. 1996. Hidroxilapatito en la Sima del Jubo, provincia de Holguín, Cuba. *BSVE*, 30: 70-71, 1 fig.
- URBANI F. 1996. Venezuelan cave minerals: a review. *BSVE*, 30: 1-13, 4 figs.
- URBANI F. 1998. Edades de radiocarbono en las cuevas del Indio y Ricardo Zuloaga, sureste de Caracas, Venezuela. *BSVE*, 32: 5-12, 8 figs.
- WERNICK, E. L. & P. NETO PIRES. 1977. Cuevas en arenisca, Río Claro, Brasil. *BSVE*, 8(16): 99-107, 4 figs.
- ZAWIDZKI P., F. URBANI & B. KOISAR. 1976. Preliminary notes on the geology of the Sarisariñama plateau, Venezuela, and the origin of its caves. *BSVE*, 7(13): 29-37, 3 figs.

## NOTICIAS, RESEÑAS BIBLIOGRÁFICAS, NOTAS BREVES, EDITORIALES, ETC.

- ARNAL E. & F. URBANI. 1982. Mina de La Joroma. *BSVE*, 10(18): 84-85.
- BELLOMO R. 1995. Desarrollo de la expedición "Auyan-Tepuy'92". *BSVE*, 28: 62-64.
- BORDÓN C. 1983. Inscripción y letreros en las cuevas. *BSVE*, 20: 110-112.
- BOSQUE C., F. F. HERRERA & G. MERLO. 1994. Reseña bibliográfica sobre espeleología Venezolana. *BSVE*, 28: 65-67.
- BOSQUE C. 1982. Salida a la cueva de las Murracas, Pueblo de La Sierra, estado Cojedes. Mayo 1982. *BSVE*, 10(19): 213.
- BUENO E. 1998. Paleokarst en calizas Cretácicas del subsuelo del Campo La Paz, estado Zulia. *BSVE*, 32: 67.
- CARREÑO R. 1994. Curso de rescate en cuevas. Puerto Rico 1994. *BSVE*, 28: 64.
- CARREÑO R. 1995. Reunión Ibero-Americana de espeleología y seminario de rescate, Cuba 1995. *BSVE*, 29: 76.
- CARREÑO R. 1995. Seminario de rescate en cuevas, Puerto Rico 1995. *BSVE*, 29: 76.
- CARREÑO R. 1995. IIIas. Jornadas Venezolanas de Espeleología - 1995. *BSVE*, 29: 76-77.
- CARREÑO R. 1995. Reseña bibliográfica. *BSVE*, 29: 78.

- CARREÑO R. 1996. Exploración espeleológica Franco-Venezolana en Falcón. *BSVE*, 30: 92.
- CARREÑO R. 1997. Centro de Espeleología de la UCV, Núcleo de Maracay (CE/UCV). *BSVE*, 31: 74.
- CARREÑO R. 1997. Nuevo récord espeleométrico en cuarcitas brasileñas. *BSVE*, 31: 74.
- CARREÑO R. 1998. Nuevas colonias de guácharos. *BSVE*, 32: 69.
- CIGNA A. A. 1969. International Commission for Speleochronology. *BSVE*, 2(1): 87-88.
- CIGNA A. A. 1978. Resolución concerniente al proyecto de la zona franca industrial italo-yugoslava en la región del Karst. *BSVE*, 9(17): 103.
- CIGNA A. A. 1983. In Memoriam. Gordon I. Warwick. *BSVE*, 20: 110.
- COURBON P. 1974. Principales exploraciones internacionales del año 1973. (Traducido por O.J. LINARES). *BSVE*, 5(1): 112-114.
- COURBON P. 1975. Las grandes exploraciones de 1974. (Traducido por F. ENRECH). *BSVE*, 6(11): 45-49.
- COURBON P. 1975. Las grandes exploraciones de 1975. (Traducido por F. URBANI). *BSVE*, 6(12): 143-145.
- COURBON P. 1977. Las grandes exploraciones de 1976. (Traducido por F. URBANI). *BSVE*, 8(16): 233-234.
- D'ONOFRIO L., F. GIMÉNEZ-JIMÉNEZ & F. URBANI. 1998. Nuevos estudios por espectroscopía Mössbauer de estalactitas de las minas de Santa Isabel, Guárico. *BSVE*, 32: 68.
- FORTI P. 1998. Antonio Núñez Jiménez (1923-1998). *BSVE*, 32: 66-67.
- GALÁN C. 1983. Expediciones efectuadas por la SVE (1978-1983). *BSVE*, 20: 91-93.
- GALÁN C. 1983. Exploración de la Sima Aonda. *BSVE*, 20: 99-103.
- GALÁN C. 1984. Las mayores cavidades del mundo para 1984. *BSVE*, 21: 96.
- GALÁN C. 1986. Informe general de la expedición efectuada al tepuy Kukenán, octubre 1985. *BSVE*, 22: 80-81.
- GALÁN C. 1986. Informe general de la expedición a Auyán-tepui Norte y Aonda, enero-febrero 1986. *BSVE*, 22: 81-84.
- GALÁN C. 1986. Informe general de la expedición efectuada al tepuy Yuruaní, marzo 1986. *BSVE*, 22: 84-85.
- GALÁN C. 1991. Expedición SVE a los tepuys Ilú, Tramen y Yuruaní. *BSVE*, 25: 47.
- GARCÍA J. C. 1967. Noticiero espeleológico. *BSVE*, 1(1): 61.
- GHNEIM K. 1998. Índice general del Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Nos. 1 al 32, 1967-1998. *BSVE*, 32: 70-83.
- LAGARDE J. 1984. Buceo sifón inicial, Cueva Cajigal (Birongo). *BSVE*, 21: 95.
- LAGARDE J. 1991. Espeleo-buceo. *BSVE*, 25: 48.
- LAGARDE J. 1994. Espeleo-buceo. *BSVE*, 28: 67.
- LAGARDE J. 1995. Espeleo-buceo. *BSVE*, 29: 77.
- LAGARDE J. 1996. Expedición Geográfica Italo-Venezolana, Tepuy 96. *BSVE*, 30: 91-92.
- LAGARDE J. 1996. Última Hora. *BSVE*, 30: 92.
- LINARES O. J. 1974. Nuevos libros: Bioespeleología Cubana. *BSVE*, 5(1): 114-116.
- LINARES O. J. 1983. Primeras Jornadas de Espeleología. *BSVE*, 20: 93-99.
- MAGUREGUI J. & C. GALÁN. 1986. Informe general de la expedición al Alto Paragua, Sierra Marutani, sur del estado Bolívar, SVE. Enero 1985. *BSVE*, 22: 79-80.
- MERLO G. 1998. La sima más profunda del mundo: Lamprechtsofen -1632 m. *BSVE*, 32: 69.
- MILLER T. 1982. Cuevas de Colombia. *BSVE*, 10(19): 212.
- NIEVES F. 1983. Asociación Venezolana de Arqueología. *BSVE*, 20: 93.
- PERERA M. A. 1977. Editorial. *BSVE*, 8(16): 97.
- PERERA M. A. 1978. Editorial. *BSVE*, 9(17): 3-4.
- PERERA M. A. 1982. Editorial. *BSVE*, 10(19): 98.
- PERERA M. A. 1983. Sobre la paternidad de la espeleología en Venezuela. *BSVE*, 20: 112-114.
- PERERA M. A. 1984. Editorial. *BSVE*, 21: 1.
- PÉREZ-CONCA F. 1982. Sifones en Venezuela. *BSVE*, 10(18): 83.
- PÉREZ LA RIVA W. 1977. Nuevas exploraciones espeleológicas en la Sierra de Pacaraima, Guayana Venezolana. *BSVE*, 8(16): 235-211, 4 figs.
- SVE. 1967. Reseña bibliográfica. *BSVE*, 1(1): 62-64.
- SVE. 1968. Cocktail para celebrar la aparición del primer número del Boletín SVE. *BSVE*, 1(2): 151-153. 1 fig.
- SVE. 1968. Editorial. *BSVE*, 1(2): 67-68.
- SVE. 1968. La Cueva Caracas, Guinea continental española. *BSVE*, 1(2): 154-155.
- SVE. 1969. Quinto Congreso Internacional de Espeleología. *BSVE*, 2(1): 89.
- SVE. 1972. 6º Congreso Internacional de Espeleología. Olomouc-Chescolovaquia. *BSVE*, 3(3): 229-230.
- SVE. 1972. Miembros de la SVE en visita al laboratorio subterráneo del C.N.R.S. en Moulis, Francia. *BSVE*, 3(3): 232-233.
- SVE. 1972. Notas sobre la espeleología suramericana. *BSVE*, 3(3): 233-235.
- SVE. 1973. Expedición a Cruzent y Cajigal, estado Miranda. *BSVE*, 4(1): 115.
- SVE. 1973. Expediciones al Alto Guasare, estado Zulia. *BSVE*, 4(1): 115-118, 3 figs.
- SVE. 1973. Expedición británica de investigación cársicas, Venezuela 1973. *BSVE*, 4(1): 119.
- SVE. 1973. Haitón del Guarataro (-305 metros), la sima más profunda de América Latina. *BSVE*, 4(1): 119-120.
- SVE. 1973. VI Congreso Internacional de Espeleología. *BSVE*, 4(2): 213-214.
- SVE. 1973. Nota sobre la expedición espeleológica española a las regiones cársicas del Perú. *BSVE*, 4(2): 223-225.
- SVE. 1973. Primer seminario de espeleología en México. 1973. *BSVE*, 4(2): 225-226.
- SVE. 1973. Cuevas y simas en areniscas precámbricas de la Formación Roraima, Territorio Federal Amazonas y estado Bolívar, Venezuela. *BSVE*, 4(2): 226.
- SVE. 1973. Catastro Espeleológico de Venezuela, Tomo I. *BSVE*, 4(2): 227.
- SVE. 1974. Editorial. *BSVE*, 5(1): 3.
- SVE. 1974. Actividades de la SVE. *BSVE*, 5(1): 109-110.
- SVE. 1974. Charlas dictadas por miembros de la SVE. *BSVE*, 5(1): 110-111, 1 fig.
- SVE. 1974. Expedición bioespeleológica Venezolano-

- Rumana. *BSVE*, 5(1): 111-112.
- SVE. 1974. Editorial. *BSVE*, 5(10): 123.
- SVE. 1974. Expedición a Perijá, estado Zulia. *BSVE*, 5(10): 185-186, 2 figs.
- SVE. 1974. Asamblea extraordinaria. *BSVE*, 5(10): 187.
- SVE. 1974. Dictado primer curso de espeleología en Venezuela. *BSVE*, 5(10): 187.
- SVE. 1974. Visitas a Venezuela. *BSVE*, 5(10): 187.
- SVE. 1974. Expedición espeleológica polaco-venezolana 75. *BSVE*, 5(10): 188.
- SVE. 1974. Nuevas agrupaciones nacionales. *BSVE*, 5(10): 188.
- SVE. 1975. Actividades nacionales de la SVE. *BSVE*, 6(11): 49
- SVE. 1975. Décimo segundo congreso internacional de hidrología cársica. *BSVE*, 6(12): 129.
- SVE. 1975. Editorial. *BSVE*, 6(11): 3-4.
- SVE. 1975. Editorial. *BSVE*, 6(12): 56.
- SVE. 1975. Primer encuentro de grupos espeleológicos. *BSVE*, 6(12): 127-129, 2 figs.
- SVE. 1975. Primer Congreso de Ciencia y Tecnología. *BSVE*, 6(12): 130.
- SVE. 1975. Simposium XXXV Aniversario de la Sociedad Espeleológica de Cuba. *BSVE*, 6(12): 130.
- SVE. 1975. Nueva Junta Directiva de la Sociedad Venezolana de Espeleología. *BSVE*, 6(12): 132-132, 1 fig.
- SVE. 1975. Visitas a Venezuela. *BSVE*, 6(12): 134-135, 2 figs.
- SVE. 1975. Sociedad Conservacionista Audubon de Venezuela. *BSVE*, 6(12): 136.
- SVE. 1976. Editorial. *BSVE*, 7(13): 3.
- SVE. 1976. Expedición espeleológica polaco-venezolana 1976, a la meseta de Sarisariñama, estado Bolívar. *BSVE*, 7(13): 101-110, 6 figs.
- SVE. 1976. La SVE ante el problema de nomenclaturas y referencias toponímicas. *BSVE*, 7(13): 110-111.
- SVE. 1976. Hipogeos al sur de Colombia. *BSVE*, 7(13): 111-114, 3 figs.
- SVE. 1976. Ascenso al Cerro Autana, Territorio Federal Amazonas *BSVE*, 7(13): 114-116, 2 figs.
- SVE. 1976. Exploración al río Socuy. *BSVE*, 7(13): 116-117, 1 fig.
- SVE. 1976. Editorial. *BSVE*, 7(14): 127-128.
- SVE. 1976. Recepción en la sede de la SVE. *BSVE*, 7(13): 117-119, 2 figs.
- SVE. 1977. Editorial. *BSVE*, 8(15): 3-4.
- SVE. 1977. Errata. *BSVE*, 8(16): 247.
- SVE. 1977. Expedición a la zona de Los González. *BSVE*, 8(16): 246.
- SVE. 1977. Índice general del *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*. 1967- 1977, 1 (1) a Vol. 8 (15). *BSVE*, 8(15): 79-84.
- SVE. 1977. La expedición polaca "Andes 75-76". *BSVE*, 8(16): 243-245, 2 figs.
- SVE. 1977. Las mayores cuevas de Brasil. *BSVE*, 8(16): 242.
- SVE. 1977. Manifiesto conservacionista frente al problema del carso triestino. *BSVE*, 8(15): 67-70.
- SVE. 1977. Visita a Cuba. *BSVE*, 8(15): 77.
- SVE. 1984. Carlo Finocchiaro, 1917- 1983. *BSVE*, 21: 96.
- SVE. 1984. Federación Española de Espeleología. *BSVE*, 21: 96
- SVE. 1984. Mayores cavidades de Ecuador. *BSVE*, 21: 96.
- SVE. 1988. La Unión Internacional de Espeleología y la Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe. *BSVE*, 23: 40.
- SVE. 1990. Algunas publicaciones recientes sobre espeleología venezolana. *BSVE*, 24: 38-39.
- SVE. 1990. Descubierta gigantesco sistema de cavernas en la cuenca del Guasare. *BSVE*, 24: 38.
- SVE. 1990. Las cavidades de mayor desnivel del mundo: agosto 1990. *BSVE*, 24: 40.
- SVE. 1990. Las mayores cavidades de Venezuela. Mayo 1990. *BSVE*, 24: 40.
- SVE. 1990. Nuevo descenso a la Sima Aonda: vertical de 316 m. *BSVE*, 24: 37.
- SVE. 1990. Récord del mundo en jumars: vertical absoluta de 1000 m. *BSVE*, 24: 37.
- SVE. 1992. Algunas publicaciones recientes sobre espeleología venezolana. *BSVE*, 26: 47-48.
- SVE. 1992. El 25 aniversario de la Sociedad Venezolana de Espeleología. *BSVE*, 26: 46.
- SVE. 1992. Exploración al Sumidero de la Retirada. *BSVE*, 26: 46.
- SVE. 1992. II Congreso Espeleológico de América Latina y el Caribe, y IV Asamblea General de la FEALC. *BSVE*, 26: 46
- SVE. 1992. In Memoriam de Traian Orghidan (1917-1987). *BSVE*, 26: 47.
- SVE. 1992. Nuevo desarrollo en la Cueva de la Meseta (Fa.84). *BSVE*, 26: 46.
- SVE. 1993. Expediciones conjuntas a la Sierra de Perijá. *BSVE*, 27: 70.
- SVE. 1993. II Encuentro Espeleológico Vasco-Venezolano. *BSVE*, 27: 67.
- SVE. 1993. IV Asamblea de la Federación Espeleológica de América Latina y del Caribe y II Congreso Espeleológico de América Latina y el Caribe, Viñales, Cuba, septiembre 1992: La espeleología en Venezuela: 1989- 1992. *BSVE*, 27: 65-66.
- SVE. 1993. Las mayores cavidades de Venezuela. *BSVE*, 27: 72
- SVE. 1993. Visita de los bioespeleólogos brasileños Eleonora Trajano y Pedro Gnaspini-Netto. *BSVE*, 27: 69.
- SVE. 1993. Publicaciones recientes sobre espeleología venezolana. *BSVE*, 27: 71.
- SVE. 1993. Visita del espeleólogo italiano Paolo Forti. *BSVE*, 27: 69.
- SVE. 1993. Nuevas exploraciones a la Cueva El Samán, Sierra de Perijá. *BSVE*, 27: 67.
- SVE. 1995. Curso de iniciación a la espeleología. *BSVE*, 28: 64
- SVE. 1995. Grupo Espeleológico de Táchira (GET). *BSVE*, 28: 64.
- SVE. 1995. Las mayores cavidades de Venezuela. *BSVE*, 28: 68
- SVE. 1995. Visita al abrigo de cerro Gavilán. *BSVE*, 28: 64.
- SVE. 1997. Contenido del boletín *El Guácharo* (Boletín de divulgación espeleológica, SVE, 1997). *BSVE*, 31: 73.
- SVE. 1997. IV Jornadas Venezolana de Espeleología. *BSVE*, 31: 72-73.
- SVE. 1997. Las mayores cavidades de Venezuela. Diciembre de 1997. *BSVE*, 31: 76.
- SVE. 1998. Visita del espeleólogo José Ayrton Labegalini.

- BSVE*, 32: 66.
- SVE. 1998. La Ruta Quetzal - Argentaria y la visita del Dr. Adolfo Eraso R. *BSVE*, 32: 66.
- SVE. 1998. Contenido de *El Guácharo* (Boletín de divulgación espeleológica). SVE, 1998. *BSVE*, 32: 68-69.
- SVE-UEV. 1991. Expedición Espeleológica Vasco-Venezolana a mesa Turik. *BSVE*, 25: 48.
- TRONCHONI J. A. 1967. Presentación y agradecimiento. *BSVE*, 1(1): 3-4.
- TRONCHONI J. A. 1969. Editorial. *BSVE*, 2(1): 3.
- TRONCHONI J. A. 1970. Editorial. *BSVE*, 3(1): 3.
- TRONCHONI J. A. 1973. Editorial. *BSVE*, 1(2): 127-128.
- TRONCHONI J. A. 1973. Editorial. *BSVE*, 4(1): 3.
- TRONCHONI J. A. 1983. Crítica bibliográfica: Manual Elemental de Espeleología. *BSVE*, 20: 110.
- TWIDALE C. R. 1986. In Memoriam: Joseph Nowell Jennings 1916-1984. *BSVE*, 22: 76-77.
- ULLASTRE J. 1978. Expedición espeleológica a Indonesia. *BSVE*, 9(17): 107.
- URBANI F. & F. F. HERRERA. 1993. Expediciones espeleológicas 1992-1993 a la Guayana Venezolana. *BSVE*, 27: 66.
- URBANI F. & F. PÉREZ. 1973. Lista de las cuevas más largas y más profundas de Venezuela. Septiembre 1973. *BSVE*, 4(2): 214-223.
- URBANI F. 1968. Reseña bibliográfica. *BSVE*, 1(2): 156-160.
- URBANI F. 1969. Reseña Bibliográfica. *BSVE*, 2(1): 63-73.
- URBANI F. 1983. Primera reunión general de la Federación Espeleológica de América Latina y el Caribe. *BSVE*, 20: 104-107.
- URBANI F. 1983. La espeleología en los países de América Latina y el Caribe. *BSVE*, 20: 107-110.
- URBANI F. 1984. El sistema Flint Ridge-Mammoth Cave, Kentucky, U.S.A.: 473,7 Km *BSVE*, 21: 95.
- URBANI F. 1986. Reply to Dave Checkley. *BSVE*, 22: 77-78.
- URBANI F. 1986. Actividades espeleológicas latinoamericanas 1983- 1985. *BSVE*, 22: 85-88.
- URBANI F. 1991. Segundas Jornada Espeleológica de Venezuela. *BSVE*, 25: 47-48.
- URBANI F. 1992. Presentación. *BSVE*, 26: 1.
- URBANI F. 1993. Presentación. *BSVE*, 27: 1.
- URBANI F. 1993. In Memoriam Raymond Duval Pacheco (1971-1993). *BSVE*, 27: 70-71.
103. 1971.
- Am. 6 - Cueva del Rincón de Los Guahibos. *BSVE*, 3(2): 102-104, 1 fig. 1971.
- Am. 7 - Cueva Norte de La Esmeralda. *BSVE*, 5(10): 159-162. 1974.
- Am. 8 - Cueva Sur de La Esmeralda. *BSVE*, 5(10): 160-162. 1974.
- Am. 9 - Cueva Pintada de La Esmeralda. *BSVE*, 5(10): 160-162. 1974.
- Am.10 - Cueva del Shilorau. *BSVE*, 5(10): 161-162. 1974.
- Am.11 - Cueva del Cerro Autana. *BSVE*, 7(13): 81-85, 4 figs. 1976.
- Am.12 - Cueva del Helipuerto. *BSVE*, 9(17): 97-99. 1978.
- Am.13 - Cueva Autana 2. *BSVE*, 23: 30. 1988.
- An. 1 - Cueva del Agua. *BSVE*, 1(1): 25-29, 3 figs. 1967. *BSVE*, 10(18): 49-51. 1982.
- An. 2 - Cueva Seca o del Encanto. *BSVE*, 1(1): 30. 1967.
- An. 2 - Cueva Seca o del Encanto. *BSVE*, 4(2): 181-184, 2 figs. 1973.
- An. 3 - Sima de El Paradero 1. *BSVE*, 10(18): 52-53. 1982.
- An. 4 - Sima de El Paradero 2. *BSVE*, 10(18): 54-55. 1982.
- An. 5 - Sima (Fumarola) de la Isla de Monos. *BSVE*, 10(18): 56-58. 1982.
- An. 6 - Sima 2 de la Isla de Monos. *BSVE*, 10(18): 57-59. 1982.
- An. 7 - Cueva La Tristeza. *BSVE*, 29: 62. 1995.
- Ap. 1 - Cueva del Loto. *BSVE*, 23: 30-31. 1988.
- Ar. 1 - Cueva de Quebrada Honda. *BSVE*, 1(1): 30-36, 2 figs. 1967.
- Ar. 2 - Cueva de los Murciélagos. *BSVE*, 2(1): 15-18. 1969.
- Ar. 3 - Cueva de San Sebastián. *BSVE*, 4(1): 39-41. 1973.
- Ar. 4 - Sima Loma del Medio o Paso del Medio. *BSVE*, 4(1): 41-45, 2 figs. 1973.
- Ar. 5 - Gruta 1 del Abrigo Loma del Medio. *BSVE*, 4(1): 45-46. 1973.
- Ar. 6 - Gruta 2 del Abrigo Loma del Medio. *BSVE*, 4(1): 46-47. 1973.
- Ar. 7 - Sima de Miraflores. *BSVE*, 4(2): 184-186. 1973.
- Ar. 8 - Gruta de Miraflores. *BSVE*, 4(2): 186-187. 1973.
- Ar. 9 - Sima del Cerro La Cocuiza. *BSVE*, 4(2): 186-188. 1973.
- Ar.10 - Cueva del Cerro La Cocuiza. *BSVE*, 4(2): 188. 1973.
- Ar.11 - Cueva El Faldeo. *BSVE*, 5(1): 79-80. 1974.
- Ar.12 - Cueva Cumbocito 1. *BSVE*, 21: 51-52. 1984.
- Ar.13 - Cueva Cumbocito 2. *BSVE*, 21: 51-52. 1984.
- Ar.14 - Cueva Cumbocito 3. *BSVE*, 21: 52. 1984.
- Ar.15 - Cueva Pardillal. *BSVE*, 21: 53. 1984.
- Bo. 1 - Sima Mayor de Sarisariñama. *BSVE*, 7(13): 86-87, 1 fig. 1976.
- Bo. 2 - Sima Menor de Sarisariñama. *BSVE*, 7(13): 88-96, 6 figs. 1976.
- Bo. 3 - Sima de la Lluvia de Sarisariñama. *BSVE*, 7(13): 97-99. 1976.
- Bo. 4 - Cueva Urutany 1. *BSVE*, 8(16): 199-202, 2 figs. 1977.
- Bo. 5 - Cueva Urutany 2. *BSVE*, 8(16): 203-204, 1 fig. 1977.
- Bo. 6 - Cueva El Tigre. *BSVE*, 8(16): 205-207, 1 fig. 1977.
- Bo. 7 - Cueva El Abismo. *BSVE*, 8(16): 208-210, 2 figs. 1977.
- Bo. 8 - Sima Aonda. *BSVE*, 20: 43-46. 1983. *BSVE*, 31: 57-60. 1997.
- Bo. 9-19 - Introducción a las cavidades de Aguapira. *BSVE*,

## CATASTRO ESPELEOLOGICO NACIONAL

- PEREIRA J. 1975. Ubicación de las cuevas venezolanas. *BSVE*, 6(12): 108-114.
- SVE. 1975. Nueva Ficha de Catastro. *BSVE*, 6(12): 105-108.
- Am. 1 - Abrigo del Cerro Las Queseras. *BSVE*, 3(2): 99-101. 1971.
- Am. 2 - Abrigo 1 de la Quebrada Mirabal. *BSVE*, 3(2): 99-101. 1971.
- Am. 3 - Abrigo 2 de la Quebrada Mirabal. *BSVE*, 3(2): 100-101. 1971.
- Am. 4 - Abrigo del Cerro Guayabal. *BSVE*, 3(2): 100-101. 1971.
- Am. 5 - Abrigo 3 de la Quebrada Mirabal. *BSVE*, 3(2): 102-



- Bo. 9 - Sima Aguapira 1. *BSVE*, 22: 50-51. 1986.  
 Bo.10 - Sima Aguapira 2. *BSVE*, 22: 50-53. 1986.  
 Bo.11 - Sima Aguapira 3. *BSVE*, 22: 52-54. 1986.  
 Bo.12 - Cueva Aguapira 4. *BSVE*, 22: 52-54. 1986.  
 Bo.13 - Cueva Aguapira 5. *BSVE*, 22: 54. 1986.  
 Bo.14 - Cueva Aguapira 6. *BSVE*, 22: 55-56. 1986.  
 Bo.15 - Cueva Aguapira 7. *BSVE*, 22: 85-88. 1986.  
 Bo.16 - Cueva Aguapira 8. *BSVE*, 22: 57-58. 1986.  
 Bo.17 - Cueva Aguapira 9. *BSVE*, 22: 57-58. 1986.  
 Bo.18 - Cueva Aguapira 10. *BSVE*, 22: 59. 1986.  
 Bo.19 - Cueva Aguapira 11. *BSVE*, 22: 59-60. 1986.  
 Bo.20 - Cueva de la quebrada de Arapán. *BSVE*, 22: 60. 1986.  
 Bo.21 - Sistema Taámo Poipotá. *BSVE*, 22: 61. 1986.  
 Bo.22 - Sima Kukenán 1. *BSVE*, 22: 61-63. 1986.  
 Bo.23 - Sima Kukenán 2. *BSVE*, 22: 62-63. 1986.  
 Bo.24 - Sima Kukenán 3. *BSVE*, 22: 62-64. 1986.  
 Bo.25 - Cueva Kukenán 4. *BSVE*, 22: 63-64. 1986.  
 Bo.26 - Sima Auyán-tepui Norte. *BSVE*, 22: 65-67. 1986.  
 Bo.27 - Sima Aonda Este 1. *BSVE*, 22: 68-70. 1986.  
 Bo.28 - Sima Aonda Este 2. *BSVE*, 22: 68-70. 1986.  
 Bo.29 - Sima Aonda Sur 1. *BSVE*, 22: 71-72. 1986.  
 Bo.30 - Sima Aonda Sur 2. *BSVE*, 22: 71-72. 1986.  
 Bo.31 - Sima Yuruaní tepuy 1. *BSVE*, 22: 73-75. 1986.  
 Bo.32 - Sima Yuruaní tepuy 2. *BSVE*, 22: 74-75. 1986.  
 Bo.33 - Gran abrigo de Ilú tepuy. *BSVE*, 25: 26-27. 1991.  
 Bo.34 - Sima Tramen 1. *BSVE*, 25: 26-27. 1991.  
 Bo.35 - Sima Tramen 2. *BSVE*, 25: 26-27. 1991.  
 Bo.36 - Sima Yuruaní 3. *BSVE*, 25: 26-28. 1991.  
 Bo.37 - Cueva Yuruaní 4. *BSVE*, 25: 27-28. 1991.  
 Bo.38 - Cañon-Sima Yuruaní. *BSVE*, 25: 27-28. 1991.  
 Bo.39 - Sima Kukenán Norte. *BSVE*, 27: 46-47. 1993.  
 Bo.40 - Sima Acopán 1. *BSVE*, 28: 37-39. 1995.  
 Bo.41 - Sima Acopán 2. *BSVE*, 28: 39-40. 1995.  
 Bo.42 - Sima Acopán 3. *BSVE*, 28: 39-41. 1995.  
 Bo.43 - Sima Acopán 4. *BSVE*, 28: 42. 1995.  
 Bo.44 - Sima Acopán 5. *BSVE*, 28: 42-43. 1995.  
 Bo.45 - Cueva Acopán 1. *BSVE*, 28: 42-44. 1995.  
 Bo.46 - Cueva Acopán 2. *BSVE*, 28: 44-45. 1995.  
 Bo.47 - Cueva Acopán 3. *BSVE*, 28: 44-45. 1995.  
 Bo.48 - Sima Amurí 1. *BSVE*, 28: 44-46. 1995.  
 Bo.49 - Sima Amurí 2. *BSVE*, 28: 44-47. 1995.  
 Bo.50 - Sima Amurí 3. *BSVE*, 28: 47-48. 1995.  
 Bo.51 - Sima Amurí 4. *BSVE*, 28: 47-49. 1995.  
 Bo.52 - Sima Amurí 5. *BSVE*, 28: 49-50. 1995.  
 Bo.53 - Sima Amurí 9. *BSVE*, 28: 49. 1995.  
 Bo.54 - Sima Aonda Superior. *BSVE*, 29: 62-64. 1995.  
 Bo.55 - Sima Aonda Superior Sur. *BSVE*, 29: 64. 1995.  
 Bo.56 - Cueva de Juan Castillo. *BSVE*, 30: 72. 1996.  
 Bo.57 - Cueva del Arestinal de Payaraima. *BSVE*, 30: 72. 1996.  
 Bo.58 - Cueva del Boquerón de las Yeguas *BSVE*, 30: 73. 1996.  
 Bo.59 - Cueva del Cerro Tasajera del Oré. *BSVE*, 30: 73. 1996.  
 Bo.60 - Cueva 2 del Cerro Tasajera del Oré. *BSVE*, 30: 73. 1996.  
 Bo.61 - Cueva del Chorro de Barraguán. *BSVE*, 30: 74. 1996.  
 Bo.62 - Cueva 2 del Chorro de Barraguán. *BSVE*, 30: 74. 1996.  
 Bo.63 - Cueva de los Muertos. *BSVE*, 30: 74-75. 1996.  
 Bo.64 - Cueva del Santo. *BSVE*, 30: 74-75. 1996.  
 Bo.65 - Cueva 2 del Santo. *BSVE*, 30: 75. 1996.  
 Bo.66 - Cueva 3 del Santo. *BSVE*, 30: 76. 1996.  
 Bo.67 - Cueva de los Indios. *BSVE*, 30: 76. 1996.  
 Bo.68 - Cueva Caño Oré. *BSVE*, 30: 76-77. 1996.  
 Bo.69 - Cementerio Piaroa de El Carmen. *BSVE*, 30: 77-78. 1996.  
 Bo.70 - Sitio El Carmen 2. *BSVE*, 30: 79. 1996.  
 Bo.71 - Cueva El Carmen 3. *BSVE*, 30: 79-80. 1996.  
 Bo.72 - Cueva Susude Inava. *BSVE*, 30: 80. 1996.  
 Bo.73 - Cueva de Santa Fe. *BSVE*, 30: 81. 1996.  
 Bo.74 - Cueva del Cerro de Las Piñas. *BSVE*, 30: 81-82. 1996.  
 Bo.75 - Abrigo del Cerro de las Peonías. *BSVE*, 30: 82. 1996.  
 Bo.76 - Abrigo de la Piedra del Indio. *BSVE*, 30: 82. 1996.  
 Bo.77 - Cueva del Cerro Gavilán. *BSVE*, 30: 83. 1996.  
 Bo.78 - Cueva Piedra Mapoyo. *BSVE*, 30: 85. 1996.  
 Bo.79 - Cueva Pintada 1. *BSVE*, 30: 85. 1996.  
 Bo.80 - Cueva Pintada 2. *BSVE*, 30: 85. 1996.  
 Bo.81 - Cueva Piedra de los Monos. *BSVE*, 30: 84-85. 1996.  
 Bo.82 - Abrigo Cerro Morrocroy. *BSVE*, 30: 84-85. 1996.  
 Bo.83 - Sima Aonda 2. *BSVE*, 31: 61. 1997.  
 Bo.84 - Sima Aonda 3. *BSVE*, 31: 62. 1997.  
 Bo.85 - Sima Aonda 4. *BSVE*, 31: 63. 1997.  
 Bo.86 - Cueva Aonda Tras La Cascada. *BSVE*, 31: 63-64. 1997.  
 Bo.87 - Sima de Auyán-tepui Noreste. *BSVE*, 31: 64-67. 1997.  
 Bo.88 - Sima de Auyán-tepui Norte 2. *BSVE*, 31: 68-69. 1997.  
 Bo.89 - Sima Aonda Este 2. *BSVE*, 31: 69. 1997.  
 Bo.90 - Cueva Chirikayén 1. *BSVE*, 32: 61. 1998.  
 Bo.91 - Cueva Chiricayén 2. *BSVE*, 32: 61-62. 1998.  
 Ca. 1 - Cueva de los Caimitos 1. *BSVE*, 3(3): 179-181. 1972.  
 Ca. 2 - Cueva de los Caimitos 2. *BSVE*, 3(3): 179-181. 1972.  
 Ca. 3 - Cueva de los Caimitos 3. *BSVE*, 3(3): 180-181, 1 fig. 1972.  
 Ca. 4 - Cueva de los Caimitos 4. *BSVE*, 3(3): 180-182. 1972.  
 Ca. 5 - Cueva La Mina. *BSVE*, 8(16): 211-212. 1977.  
 Ca. 6 - Cueva de Vallecito. *BSVE*, 27: 46-47. 1993.  
 Ca. 7 - Cueva de Vallecito 2. *BSVE*, 27: 46-47. 1993.  
 Ca. 8 - Cueva del Indio. *BSVE*, 27: 46-49. 1993.  
 Ca. 9 - Cueva del Encanto de Yagua. *BSVE*, 27: 48-49. 1993.  
 Ca.10 - Cueva de Las Josefinas. *BSVE*, 27: 48-49. 1993.  
 Ca.11 - Cueva de Agua Blanca. *BSVE*, 27: 48-49. 1993.  
 Ca.12 - Cueva del Guacamayo. *BSVE*, 27: 48-50. 1993.  
 Ca.13 - Cueva del Morro. *BSVE*, 27: 48-50. 1993.  
 Ca.14 - Cueva del Morro 2. *BSVE*, 27: 48-50. 1993.  
 Ca.15 - Cueva del Prebo. *BSVE*, 27: 48-51. 1993.  
 DF. 1 - Túnel del Castillo de la Cumbre. *BSVE*, 3(1): 11-12. 1970.  
 DF. 2 - Cueva de La Reina. *BSVE*, 3(2): 104-105. 1971.  
 DF. 3 - Sima de la 2ª Estación del Vía Crucis. *BSVE*, 3(2): 105-106. 1971.  
 DF. 4 - Cueva de la Falla de Caruao. *BSVE*, 4(1): 47-48. 1973.  
 DF. 5 - Cueva Pardillal o Cueva de Noguera. *BSVE*, 4(1): 48-49. 1973.  
 DF. 6 - Cueva de las Tunitas 1. *BSVE*, 4(1): 48-49, 1 fig. 1973.  
 DF. 7 - Cueva 1 de La Playa Huenque. *BSVE*, 4(1): 51-52. 1973.  
 DF. 8 - Cueva 2 de La Playa Huenque. *BSVE*, 4(1): 51-52. 1973.  
 DF. 9 - Cueva de la Playa Arrecifes. *BSVE*, 4(1): 51-53. 1973.

- DF.10 - Cueva de la Planta Eléctrica de Caoma. *BSVE*, 4(2): 189. 1973.
- DF.11 - Sima Hoyo de la Cumbre. *BSVE*, 6(11): 33-34. 1975.
- DF.12 - Cueva del Peñón del Diablo 1. *BSVE*, 21: 54-55. 1984.
- DF.13 - Cueva del Peñón del Diablo 2. *BSVE*, 21: 54-55. 1984.
- DF.14 - Cueva Oricao. *BSVE*, 21: 56. 1984.
- DF.15 - Cueva de la Quebrada Ocumarito. *BSVE*, 31: 69-70. 1997.
- Fa. 1 - Cueva Sima del Agua Dulce. *BSVE*, 1(1): 36-37. 1967.
- Fa. 2 - Cueva de los Petroglifos. *BSVE*, 3(2): 106-107. 1971.
- Fa. 3 - Cueva B-O. *BSVE*, 3(1): 31-32. 1970.
- Fa. 4 - Cueva B 2 de Mayorquines. *BSVE*, 3(2): 107-110. 1971.
- Fa. 5 - Cueva B 3 de Mayorquines. *BSVE*, 3(2): 108-110. 1971.
- Fa. 6 - Cueva B 4 de Mayorquines. *BSVE*, 3(2): 108-110. 1971.
- Fa. 7 - Cueva B 5 de Mayorquines. *BSVE*, 3(2): 109-112. 1971.
- Fa. 8 - Cueva B 6 de Mayorquines. *BSVE*, 3(2): 109-112. 1971.
- Fa. 9 - Cueva B 7 de Mayorquines. *BSVE*, 3(2): 113. 1971.
- Fa.10 - Cueva de los Indios. *BSVE*, 3(2): 114. 1971.
- Fa.11 - Cueva Hacienda El Castillo. *BSVE*, 3(2): 115. 1971.
- Fa.12 - Cueva de los Lagartos. *BSVE*, 3(3): 182-183. 1972.
- Fa.13 - Cueva del Guano. *BSVE*, 3(3): 182-186, 1 fig. 1972.
- Fa.14 - Sima 1 del Guano. *BSVE*, 3(3): 186-187. 1972.
- Fa.15 - Sima 2 del Guano. *BSVE*, 3(3): 186-187. 1972.
- Fa.16 - Cueva de Santa Ana 1. *BSVE*, 3(3): 187-188. 1972.
- Fa.17 - Cueva de Santa Ana 2. *BSVE*, 3(3): 187-188. 1972.
- Fa.18 - Cueva Acarite. *BSVE*, 3(3): 188-189. 1972.
- Fa.19 - Cueva La Dolorita. *BSVE*, 3(3): 189-191. 1972.
- Fa.20 - Cueva Coy Coy de Uria. *BSVE*, 3(3): 191-193, 1 fig. 1972.
- Fa.21 - Cueva del Tigre. *BSVE*, 3(3): 193-195. 1972.
- Fa.22 - Cueva 1 del Balneario El Pico. *BSVE*, 4(1): 53-55. 1973.
- Fa.23 - Cueva 2 del Balneario El Pico. *BSVE*, 4(1): 54-56. 1973.
- Fa.24 - Cueva B1 de Mayorquines. *BSVE*, 4(1): 56-57, 1 fig. 1973.
- Fa.25 - Cueva Grande de Mayorquines. *BSVE*, 4(1): 57-60, 2 figs. 1973.
- Fa.26 - Cueva de Lizardo o La Cuevita. *BSVE*, 4(1): 61-62. 1973.
- Fa.27 - Cueva Combote 1. *BSVE*, 4(1): 61-62. 1973.
- Fa.28 - Cueva Combote 2. *BSVE*, 4(1): 63. 1973.
- Fa.29 - Cueva de Piedra Honda o de San José de Cocodite. *BSVE*, 4(2): 189-191, 1 fig. 1973.
- Fa.30 - Cueva Los Chucos. *BSVE*, 4(2): 192-193. 1973.
- Fa.31 - Cueva 1 del Río Hueque. *BSVE*, 5(1): 81. 1974.
- Fa.32 - Cueva de la Quebrada El Toro. *BSVE*, 5(1): 81-84, 1 fig. 1974.
- Fa.33 - Cueva Resurgencia de la Quebrada El Toro. *BSVE*, 5(1): 84-87, 2 figs. 1974.
- Fa.32-33 - Cueva de la Taza o Quebrada del Toro. *BSVE*, 20: 46-49. 1983.
- Fa.34 - Cueva La Discordia 1. *BSVE*, 5(1): 87-89, 1 fig. 1974.
- Fa.35 - Cueva La Discordia 2. *BSVE*, 5(1): 90. 1974.
- Fa.36 - Cueva de Urbina. *BSVE*, 5(10): 161-163. 1974.
- Fa.37 - Haitón de Arenas. *BSVE*, 5(10): 163-165. 1974.
- Fa.38 - Sima los Chucos. *BSVE*, 6(11): 33-36. 1975.
- Fa.39 - Cueva Resurgencia de Pereguéy. *BSVE*, 8(16): 213-214. 1977.
- Fa.40 - Cueva del Trapiche. *BSVE*, 8(16): 214-215. 1977.
- Fa.41 - Cueva El Hoyo de los Pájaros. *BSVE*, 8(16): 216-217. 1977.
- Fa.42 - Cueva de los Cuatro Vientos. *BSVE*, 9(17): 99-100. 1978.
- Fa.43 - Encanto del Liguerrón. *BSVE*, 20: 49-50. 1983.
- Fa.44 - Sumidero de la Peña. *BSVE*, 20: 51-52. 1983.
- Fa.45 - Encanto de Lugo. *BSVE*, 20: 53-54. 1983.
- Fa.46 - Sima o Haitón del Guarataro. *BSVE*, 20: 54-55. 1983.
- Fa.47 - Sima Haitón 1 cruce la Sabanita. *BSVE*, 20: 56-57. 1983.
- Fa.48 - Sima Haitón 2 cruce la Sabanita. *BSVE*, 20: 58-59. 1983.
- Fa.49 - Sima Haitón 3 cruce la Sabanita. *BSVE*, 20: 60-61. 1983.
- Fa.50 - Sima Haitón 4 cruce la Sabanita. *BSVE*, 20: 62-63. 1983.
- Fa.51 - Sima Haitón 5 cruce la Sabanita. *BSVE*, 20: 63-64. 1983.
- Fa.52 - Sima Sabana Grande 1. *BSVE*, 20: 65-68. 1983.
- Fa.53 - Sima Sabana Grande 2. *BSVE*, 20: 68-69. 1983.
- Fa.54 - Sima de La Hoyada. *BSVE*, 20: 70-71. 1983.
- Fa.55 - Cueva de Zárraga. *BSVE*, 20: 71-72. 1983.
- Fa.56 - Cueva de Riíto de Acarite. *BSVE*, 20: 72-73. 1983.
- Fa.57 - Cueva de Paso Seco. *BSVE*, 20: 74-75. 1983.
- Fa.58 - Cueva La Peña. *BSVE*, 20: 75-76. 1983.
- Fa.59 - Cueva de Uria o Casa de Piedra. *BSVE*, 20: 76-78. 1983.
- Fa.60 - Sima La Madama. *BSVE*, 20: 79-81. 1983.
- Fa.61 - Cueva Hueque 2. *BSVE*, 20: 81-83. 1983.
- Fa.62 - Cueva Hueque 3. *BSVE*, 20: 83-84. 1983.
- Fa.63 - Sima San Lorenzo. *BSVE*, 20: 84-86. 1983.
- Fa.64 - Sima San Lorenzo 2. *BSVE*, 20: 86-88. 1983.
- Fa.65 - Sima El Arco. *BSVE*, 20: 88-90. 1983.
- Fa.66 - Cueva de La Guaicoita. *BSVE*, 21: 57-58. 1984.
- Fa.67 - Sima del Pailón. *BSVE*, 23: 31. 1988.
- Fa.68 - Haitón del Saladillo. *BSVE*, 23: 31. 1988.
- Fa.69 - Sima La Cocuiza. *BSVE*, 23: 31-32. 1988.
- Fa.70 - Sima Lamudal. *BSVE*, 23: 31. 1988.
- Fa.71 - Sima Corta Corta 1. *BSVE*, 23: 32. 1988.
- Fa.72 - Sima Corta Corta 2. *BSVE*, 23: 32. 1988.
- Fa.73 - Sima Corta Corta 3. *BSVE*, 23: 32. 1988.
- Fa.74 - Sima Corta Corta 4. *BSVE*, 23: 32. 1988.
- Fa.75 - Sima Corta Corta 5. *BSVE*, 23: 32-33. 1988.
- Fa.76 - Sima del Sombrerito 1. *BSVE*, 23: 32-33. 1988.
- Fa.77 - Sima del Sombrerito 2. *BSVE*, 23: 33. 1988.
- Fa.78 - Sima del Sombrerito 3. *BSVE*, 23: 33. 1988.
- Fa.79 - Cueva de Carrizalito. *BSVE*, 23: 33-34. 1988.
- Fa.80 - Sima Jacura 1. *BSVE*, 23: 33-34. 1988.
- Fa.81 - Cueva Jacura 2. *BSVE*, 23: 34. 1988.
- Fa.82 - Sima Jacura 3. *BSVE*, 23: 34. 1988.
- Fa.83 - Sima Hoyo de Marichi. *BSVE*, 23: 34-35. 1988.
- Fa.84 - Cueva de la Meseta. *BSVE*, 23: 34-35. 1988. *BSVE*, 29: 65-67. 1995.
- Fa.85 - Sima Juan de Dios 1. *BSVE*, 23: 35. 1988.
- Fa.86 - Sima Juan de Dios 2. *BSVE*, 23: 35. 1988.
- Fa.87 - Sima Coy Coy de Acurigua. *BSVE*, 23: 36-37. 1988.
- Fa.88 - Cueva de los Pescados. *BSVE*, 23: 37-38. 1988.

- Fa.89 - Cueva del León. *BSVE*, 23: 38. 1988.
- Fa.90 - Cueva de la Lechuza 1. *BSVE*, 23: 38-39. 1988.
- Fa.91 - Cueva de la Lechuza 2. *BSVE*, 23: 38-39. 1988.
- Fa.92 - Cueva de Sandalio. *BSVE*, 23: 38-39. 1988.
- Fa.93 - Cueva de la Rinconada. *BSVE*, 27: 51-52. 1993.
- Fa.94 - Sima Collado de la Bandera 1. *BSVE*, 27: 53. 1993.
- Fa.95 - Sima Collado de la Bandera 2. *BSVE*, 27: 53. 1993.
- Fa.96 - Sima Collado de la Bandera 3. *BSVE*, 27: 53. 1993.
- Fa.97 - Cueva del Túnel 1. *BSVE*, 27: 53-54. 1993.
- Fa.98 - Cueva del Túnel 2. *BSVE*, 27: 53-54. 1993.
- Fa.99 - Cueva del Silencio. *BSVE*, 27: 53-54. 1993.
- Fa.100 - Cueva Bonita. *BSVE*, 27: 53-54. 1993.
- Fa.101 - Cueva de Monte Alto. *BSVE*, 27: 53-55. 1993.
- Fa.102 - Abrigo La Tunita. *BSVE*, 28: 51. 1995.
- Fa.103 - Cueva La Tunita 1. *BSVE*, 28: 52. 1995.
- Fa.104 - Cueva La Tunita 2. *BSVE*, 28: *BSVE*, 28: 52. 1995.
- Fa.105 - Sima La Tunita. *BSVE*, 28: *BSVE*, 28: 52-53. 1995.
- Fa.106 - Cueva del Farallón de Pozo Azul 1. *BSVE*, 29: 65. 1995.
- Fa.107 - Cueva del Farallón de Pozo Azul 2. *BSVE*, 28: 54. 1994.
- Fa.108 - Cueva del Cañón de Pozo Azul. *BSVE*, 28: 54. 1995.
- Fa.109 - Cueva Santa Catalina. *BSVE*, 28: *BSVE*, 28: 55. 1995.
- Fa.110 - Cueva 3 del Balneario El Pico. *BSVE*, 32: 62. 1998.
- Fa.111 - Cueva 4 del Balneario El Pico. *BSVE*, 32: 63. 1998.
- Gu. 1 - Cueva B5. *BSVE*, 1(1): 36-37. 1967.
- Gu. 2 - Cueva B6. *BSVE*, 1(1): 37-38. 1967.
- Gu. 3 - Cueva B7. *BSVE*, 2(1): 17-18, 1 fig. 1969.
- Gu. 4 - Cueva B8. *BSVE*, 2(1): 18-20, 1969.
- Gu. 5 - Cueva E2. *BSVE*, 2(1): 21-22, 1969.
- Gu. 6 - Cueva 1 del Peñón Los Morros. *BSVE*, 5(1): 91-92. 1974.
- Gu. 7 - Cueva 2 del Peñón Los Morros. *BSVE*, 5(1): 91-92. 1974.
- Gu. 8 - Sima 1 del Peñón Los Morros. *BSVE*, 5(1): 92-93. 1974.
- Gu. 9 - Sima 2 del Peñón de los Morros. *BSVE*, 6(11): 35-37. 1975.
- Gu.10 - Sima 3 del Peñón de los Morros. *BSVE*, 6(11): 35-38. 1975.
- Gu.11 - Cueva de los Caracoles. *BSVE*, 9(17): 101-102. 1978.
- Gu.12 - Cueva Macaira 7. *BSVE*, 21: 59. 1984.
- Gu.13 - Cueva Macaira 8. *BSVE*, 21: 60-61. 1984.
- Gu.14 - Cueva Macaira 9. *BSVE*, 21: 62-63. 1984.
- Gu.15 - Cueva Macaira 10 o Cueva del Guano. *BSVE*, 21: 64-65. 1984.
- Gu.16 - Sistema Macaira 11. Cuevas y cañones del peñón de Agua Salada. *BSVE*, 21: 66-67. 1984.
- Gu.17 - Cueva Macaira 12. *BSVE*, 21: 68. 1984.
- Gu.18 - Cueva Macaira 13. *BSVE*, 21: 69. 1984.
- Gu.19 - Sima Macaira 14. *BSVE*, 21: 70. 1984.
- Gu.20 - Sima Macaira 15. *BSVE*, 21: 71. 1984.
- Gu.21 - Cueva Macaira 16. *BSVE*, 21: 72. 1984.
- Gu.22 - Cueva Macaira 17. *BSVE*, 27: 55-56. 1993.
- Gu.23 - Sima Macaira 18. *BSVE*, 27: 55-56. 1993.
- Gu.24 - Cueva Macaira 19. *BSVE*, 27: 55-57. 1993.
- Gu.25 - Cueva Macaira 20. *BSVE*, 27: 56-57. 1993.
- Gu.26 - Sima del Morro del Faro. *BSVE*, 29: 67-68. 1995.
- La. 1 - Cueva Ermitaño. *BSVE*, 2(1): 28-30, 1969.
- La. 2 - Cueva La Peonía. *BSVE*, 5(1): 93-96, 2 figs. 1974.
- La. 3 - Cueva del Peñón de La Peonías. *BSVE*, 5(1): 96-97. 1974.
- La. 4 - Cueva de la Segunda Cascada. *BSVE*, 6(11): 38-40, 2 figs. 1975.
- La. 5 - Cueva Anzoateguá. *BSVE*, 8(16): 218-219. 1977.
- La. 6 - Cueva del Río. *BSVE*, 8(16): 219-220. 1977.
- La. 7 - Cueva Ña Diega. *BSVE*, 8(16): 220-221. 1977.
- La. 8 - Sima Buenos Aires. *BSVE*, 8(16): 222-223. 1977.
- La. 9 - Cueva de las Arañas. *BSVE*, 8(16): 224-225. 1977.
- La.10 - Cueva del Viento. *BSVE*, 10(18): 60-62. 1982.
- La.11 - Hoyón de la Guapa. *BSVE*, 23: 39. 1988.
- La.12 - Cueva San Pedro. *BSVE*, 31: 70. 1997.
- Me. 1 - Cueva del Pirata o La Azulita. *BSVE*, 5(1): 97-98. 1974.
- Me. 2 - Cueva del Santuario. *BSVE*, 10(18): 61-64. 1982.
- Mi. 1 - Cueva de la Brújula. *BSVE*, 1(1): 38-39. 1967.
- Mi. 2 - Cueva Walter Dupouy. *BSVE*, 1(1): 40-41. 1967. *BSVE*, 6(12): 114-119, 2 figs. 1975.
- Mi. 3 - Cueva de la Qda. Marasmita 1. *BSVE*, 1(1): 42-43. 1967.
- Mi. 4 - Cueva de la Qda. Marasmita 2. *BSVE*, 1(1): 42-43. 1967.
- Mi. 5 - Cueva de la Qda. Marasmita 3. *BSVE*, 1(1): 42-44. 1967.
- Mi. 6 - Cueva de la Qda. Marasmita 4. *BSVE*, 1(1): 43-44. 1967.
- Mi. 7 - Cueva del Túnel Cuatro. *BSVE*, 1(2): 107-109. 1968.
- Mi. 8 - Sima del Túnel Cuatro. *BSVE*, 1(2): 107-109. 1968.
- Mi. 9 - Sima Jaspe. *BSVE*, 1(2): 108-110. 1968.
- Mi.10 - Cueva Caldera. *BSVE*, 1(2): 108-110. 1968.
- Mi.11 - Cueva de Baruta. *BSVE*, 1(2): 110-112. 1968.
- Mi.12 - Cueva La Gruta. *BSVE*, 2(1): 22-24, 1 fig. 1969.
- Mi.13 - Cueva La Esmeralda. *BSVE*, 2(1): 25-27, 1 fig. 1969.
- Mi.14 - Cueva de Los Carraos. *BSVE*, 2(1): 27-28, 1969.
- Mi.15 - Cueva de la Guairita 1. *BSVE*, 3(1): 11-13. 1970.
- Mi.16 - Cueva de la Guairita 2. *BSVE*, 3(1): 13-16, 2 figs. 1970.
- Mi.17 - Cueva de la Guairita 3. *BSVE*, 3(1): 16-18. 1970.
- Mi.18 - Cueva de la Guairita 4. *BSVE*, 3(1): 18-20. 1970.
- Mi.19 - Cueva de la Guairita 5. *BSVE*, 3(1): 20-21. 1970.
- Mi.20 - Cueva de la Guairita 6. *BSVE*, 3(1): 21-23. 1970.
- Mi.21 - Cueva de la Guairita 7. *BSVE*, 3(1): 23-26. 1970.
- Mi.22 - Cueva del Pío. *BSVE*, 3(1): 24-26. 1970.
- Mi.23 - Cueva del Verraco. *BSVE*, 3(1): 27-28. 1970.
- Mi.24 - Cueva del Indio. *BSVE*, 3(1): 28-29. 1970.
- Mi.25 - Cueva de las Dos Bocas. *BSVE*, 3(1): 30-31. 1970.
- Mi.26 - Cueva del Indio 2. *BSVE*, 3(3): 195-197. 1972.
- Mi.27 - Cueva del Indio 3. *BSVE*, 3(3): 195-196. 1972.
- Mi.28 - Cueva de las Canteras del Sur de Baruta. *BSVE*, 3(3): 196-198. 1972.
- Mi.29 - Cueva del Sifón. *BSVE*, 3(3): 198-199. 1972.
- Mi.30 - Cueva del Refugio. *BSVE*, 3(3): 199-201. 1972.
- Mi.31 - Cueva de la Cascada. *BSVE*, 3(3): 199-201. 1972.
- Mi.32 - Cueva 1 del Peñón Tres. *BSVE*, 3(3): 200-201. 1972.
- Mi.33 - Cueva 2 del Peñón Tres. *BSVE*, 3(3): 200-202. 1972.
- Mi.34 - Cueva 3 del Peñón Tres. *BSVE*, 3(3): 201-202. 1972.
- Mi.35 - Cueva Alfredo Jahn. *BSVE*, 4(1): 63-72, 3 figs. 1973.
- Mi.36 - Cueva de Quebrada Seca. *BSVE*, 4(1): 73-74. 1973.
- Mi.37 - Cueva Cruxent. *BSVE*, 4(2): 192-196, 2 figs. 1973.
- Mi.38 - Cueva 1 de la Quebrada Palacios. *BSVE*, 4(2): 196-198. 1973.
- Mi.39 - Cueva 2 de la Quebrada Palacios. *BSVE*, 4(2): 196-198. 1973.

- Mi.40 - Cueva Cajigal. *BSVE*, 4(2): 197-201, 2 figs. 1973.
- Mi.41 - Cueva de Na Plácida. *BSVE*, 4(2): 201-204, 1 fig. 1973.
- Mi.42 - Cueva Ricardo Zuloaga. *BSVE*, 4(2): 204-207, 2 figs. 1973.
- Mi.43 - Cueva Figueroa. *BSVE*, 4(2): 207-210. 1973.
- Mi.44 - Cueva 1 del Peñón de Iglesias. *BSVE*, 4(2): 208-210. 1973.
- Mi.45 - Cueva 2 del Peñón de Iglesias. *BSVE*, 4(2): 208-210. 1973.
- Mi.46 - Cueva Corral de Piedra. *BSVE*, 4(2): 209-210. 1973.
- Mi.47 - Cueva de la calle Las Ursulas. *BSVE*, 4(2): 211. 1973.
- Mi.48 - Cueva de los Huesos. *BSVE*, 5(1): 98-99. 1974.
- Mi.49 - Sima del Peñón de Barlovento. *BSVE*, 5(1): 98-100. 1974.
- Mi.50 - Cueva de Iglesias. *BSVE*, 5(10): 165-167, 2 figs. 1974.
- Mi.51 - Cueva de la Iglesia. *BSVE*, 10(18): 63-65. 1982.
- Mi.52 - Cueva del Bungo. *BSVE*, 10(18): 66-67. 1982.
- Mi.53 - Abrigo de la Quebrada Quintero. *BSVE*, 21: 73. 1984.
- Mi.54 - Cueva del Peñón de Lira. *BSVE*, 21: 74. 1984.
- Mi.55 - Sima de La Guairita. *BSVE*, 21: 75. 1984.
- Mi.56 - Cueva de Quebrada Seca 2. *BSVE*, 21: 76. 1984.
- Mi.57 - Cueva del Río Apa. *BSVE*, 21: 77. 1984.
- Mi.58 - Cueva La Piedrota. *BSVE*, 21: 78. 1984.
- Mi.59 - Cueva Puerto Francés. *BSVE*, 21: 79. 1984.
- Mi.60 - Cueva del Tigre 1. *BSVE*, 21: 80-81. 1984.
- Mi.61 - Cueva del Tigre 2. *BSVE*, 21: 80-81. 1984.
- Mi.62 - Cueva del Tigre 3. *BSVE*, 21: 82. 1984.
- Mi.63 - Cueva del Peñón de Agido. *BSVE*, 21: 83. 1984.
- Mi.64 - Sima del Peñonal. *BSVE*, 21: 84. 1984.
- Mi.65 - Cueva Guaicaipuro. *BSVE*, 27: 57. 1993.
- Mi.66 - Cueva Las Golondrinas. *BSVE*, 29: 68. 1995.
- Mi.67 - Cueva de Mauricio. *BSVE*, 29: 68-69. 1995.
- Mo. 1 - Cueva del Guácharo. *BSVE*, 1(2): 97-107, 4 figs. 1968. *BSVE*, 3(2): 116-131, 9 figs. 1971.
- Mo. 2 - Sima la Felipera. *BSVE*, 3(2): 131-132. 1971.
- Mo. 3 - Sima de Hilario. *BSVE*, 3(2): 132-133. 1971.
- Mo. 4 - Cueva Saffont. *BSVE*, 3(2): 134. 1971.
- Mo. 5 - Cueva Gloria. *BSVE*, 3(2): 135-136. 1971.
- Mo. 6 - Cueva de Pedregalito. *BSVE*, 3(2): 137-138. 1971.
- Mo. 7 - Cueva del Corso. *BSVE*, 3(3): 202-203. 1972.
- Mo. 8 - Cueva Quijano. *BSVE*, 3(3): 203-204. 1972.
- Mo. 9 - Cueva Morocoima. *BSVE*, 4(1): 74-75. 1973.
- Mo.10 - Cueva de Pancho León. *BSVE*, 4(1): 76-77. 1973.
- Mo.11 - Sima del Guamo. *BSVE*, 4(1): 78-79. 1973.
- Mo.12 - Cueva Eduardo Röhl. *BSVE*, 5(1): 100-101. 1974.
- Mo.13 - Cueva de La Boca. *BSVE*, 5(1): 101-102. 1974.
- Mo.14 - La Cueva de la Montaña. *BSVE*, 5(1): 102-104, 2 figs. 1974.
- Mo.15 - Sima del Bastimento 1. *BSVE*, 5(1): 105-106, 1 fig. 1974. *BSVE*, 8(16): 225-226. 1977.
- Mo.16 - Sima del Bastimento 2. *BSVE*, 5(1): 105-107. 1974.
- Mo.17 - Ojo de la Pava. *BSVE*, 5(1): 107-108. 1974.
- Mo.18 - Cueva 1 de Guarapiche. *BSVE*, 6(11): 39-41. 1975.
- Mo.19 - Cueva Grande de Anton Goering. *BSVE*, 6(12): 119-126, 4 figs. 1975.
- Mo.20 - Cueva Clara. *BSVE*, 7(14): 283-284. 1976.
- Mo.21 - Cuevas Sucia y Mala. *BSVE*, 7(14): 284-288, 2 figs. 1976.
- Mo.22 - Cueva de la Milagrosa. *BSVE*, 10(19): 174-175. 1982.
- Mo.23 - Sima de Narciso. *BSVE*, 10(19): 176-177. 1982.
- Mo.24 - Sima de la Quebrada. *BSVE*, 10(19): 177-179. 1982.
- Mo.25 - Sima de Pánfilo. *BSVE*, 10(19): 179-181. 1982.
- Mo.26 - Sima de Domingo. *BSVE*, 10(19): 182-183. 1982. Sima de Hilario, conexión con la Sima de Domingo. *BSVE*, 21: 85-86. 1984.
- Mo.27 - Sima del Chorro. *BSVE*, 10(19): 183-184. 1982.
- Mo.28 - Sima de la Peinilla. *BSVE*, 10(19): 184-186. 1982.
- Mo.29 - Sima del Barrial. *BSVE*, 10(19): 187-188. 1982.
- Mo.30 - Cueva del Bajo. *BSVE*, 10(19): 188-189. 1982.
- Mo.31 - Cueva de las Lapas. *BSVE*, 10(19): 190-191. 1982.
- Mo.32 - Sima de las Báquiras. *BSVE*, 10(19): 191-193. 1982.
- Mo.33 - Sima del Danto. *BSVE*, 10(19): 194-195. 1982.
- Mo.34 - Sima María Balza 1. *BSVE*, 10(19): 195-197. 1982.
- Mo.35 - Sima María Balza 2. *BSVE*, 10(19): 197-198. 1982.
- Mo.36 - Sima del Prado. *BSVE*, 10(19): 199-200. 1982.
- Mo.37 - Sima de la Guanota. *BSVE*, 10(19): 200-201. 1982.
- Mo.38 - Cueva de la Quebrada Seca. *BSVE*, 10(19): 202-203. 1982.
- Mo.39 - Sima del Cacao. *BSVE*, 10(19): 203-205. 1982.
- Mo.40 - Sima Los González. *BSVE*, 10(19): 205-209. 1982.
- Mo.41 - Sima del Naranjo. *BSVE*, 21: 86-87. 1984.
- Mo.42 - Cueva del Naranjo 2. *BSVE*, 21: 88. 1984.
- Mo.43 - Sima de Simón. *BSVE*, 21: 89-90. 1984.
- Mo.44 - Cueva Surgencia de La Puerta. *BSVE*, 24: 25. 1990.
- Mo.45 - Sima Pánfilo 2. *BSVE*, 24: 25. 1990.
- Mo.46 - Cueva El Caliche. *BSVE*, 24: 25-26. 1990.
- Mo.47 - Sima La Palencia. *BSVE*, 24: 26-27. 1990.
- Mo.48 - Sima El Casupo 1. *BSVE*, 24: 27-28. 1990.
- Mo.49 - Sima El Casupo 2. *BSVE*, 24: 27-28. 1990.
- Mo.50 - Sima El Casupo 3. *BSVE*, 24: 27-28. 1990.
- Mo.51 - Sima El Casupo 4. *BSVE*, 24: 27-28. 1990.
- Mo.52 - Sima El Guamo-Casupal. *BSVE*, 24: 27-28. 1990.
- Mo.53 - Cueva fósil de Quebrada Sucia. *BSVE*, 24: 28. 1990.
- Mo.54 - Sima del Pegón. *BSVE*, 24: 28-29. 1990.
- Mo.55 - Cueva Surgencia del Pegón. *BSVE*, 24: 28-29. 1990.
- Mo.56 - Cueva del Copey. *BSVE*, 25: 28-30. 1991.
- Mo.57 - Sima La Carioca 1. *BSVE*, 25: 29-30. 1991.
- Mo.58 - Sima La Carioca 2. *BSVE*, 25: 29-31. 1991.
- Mo.59 - Gruta de Los Morrocayos o de Corral Viejo. *BSVE*, 31: 70-72. 1997.
- NE.1 - Cueva del Piache. *BSVE*, 6(11): 41-43, 1 fig. 1975.
- Po. 1 - Cueva A. *BSVE*, 3(3): 205-208. 1972.
- Po. 2 - Cueva José Gregorio Hernández (B). *BSVE*, 3(3): 205-207. 1972.
- Po. 3 - Cueva C. *BSVE*, 3(3): 206-208. 1972.
- Po. 4 - Cueva D. *BSVE*, 3(3): 207-208. 1972.
- Po. 5 - Cueva Palacio de la Reina María Lionza (Cueva E). *BSVE*, 3(3): 207-209. 1972.
- Po. 6 - Cueva Palacio del Rey Maximiliano Pereira (Cueva F). *BSVE*, 3(3): 209-210. 1972.
- Po. 7 - Sima G. *BSVE*, 3(3): 209-210. 1972.
- Po. 8 - Cueva La Jabilla. *BSVE*, 3(3): 211-212. 1972.
- Po. 9 - Cueva Palacio del Rey Guaicaipuro. *BSVE*, 3(3): 212-214. 1972.
- Su. 1 - Cueva de Campo Libre. *BSVE*, 10(18): 67-69. 1982.
- Su. 2 - Sima de Manare. *BSVE*, 10(18): 68-71. 1982.

- Su. 3 - Cueva del Pato. *BSVE*, 10(18): 70-73. 1982.
- Su. 4 - Cueva de los Chimanos. *BSVE*, 10(18): 72-75. 1982.
- Su. 5 - Cueva de la Rinconada. *BSVE*, 10(18): 74-77. 1982.
- Su. 6 - Cueva del Río Guasdua. *BSVE*, 10(18): 76-79. 1982.
- Su. 7 - Cueva de las Animas 1. *BSVE*, 10(18): 78-81. 1982.
- Su. 8 - Cueva de las Animas 2. *BSVE*, 10(18): 80-82. 1982.
- Su. 9 - Cueva de Los Ranchos. *BSVE*, 21: 90-91. 1984.
- Su.10 - Cueva del Viejo o Río Negro. *BSVE*, 21: 91-92. 1984.
- Su.11 - Cueva de los Guácharos o del Naranjal. *BSVE*, 21: 93. 1984.
- Su.12 - Sima de Las Pailas. *BSVE*, 21: 94. 1984.
- Su.13 - Sima El Guamal 1. *BSVE*, 24: 29-30. 1990.
- Su.14 - Sima El Guamal 2. *BSVE*, 24: 29-30. 1990.
- Su.15 - Sima El Guamal 3. *BSVE*, 24: 29-30. 1990.
- Su.16 - Sima El Guamal 4. *BSVE*, 24: 29-30. 1990.
- Su.17 - Sima Las Carapas. *BSVE*, 24: 29-30. 1990.
- Su.18 - Cueva de Faustino. *BSVE*, 24: 29-30. 1990.
- Su.19 - Cueva "Tout Flambeau". *BSVE*, 31: 72. 1997
- Su.20 - Cueva La Playita. *BSVE*, 31: 72. 1997
- Tr. 1 - Sima La Playa. *BSVE*, 8(16): 226-227. 1977.
- Tr. 2 - Cueva Pampanito. *BSVE*, 27: 57-59. 1993.
- Tr. 3 - Cueva de la Peña. *BSVE*, 27: 58-59. 1993.
- Tr. 4 - Cueva de la Peña 2. *BSVE*, 27: 58-59. 1993.
- Tr. 5 - Cueva del Río Amarillo. *BSVE*, 27: 58-60. 1993.
- Tr. 6 - Cueva El Recreo. *BSVE*, 27: 58-60. 1993.
- Tr. 7 - Cueva El Recreo 2. *BSVE*, 27: 58-60. 1993.
- Tr.8 - Cueva el Ronco. *BSVE*, 32: 63. 1998.
- Tr.9 - Cueva del Indio. *BSVE*, 32: 63. 1998
- Tr.10 - Cueva la Casa de Piedra 1. *BSVE*, 32: 64. 1998
- Tr.11 - Cueva Casa de Piedra 2. *BSVE*, 32: 64. 1998
- Tr.12 - Cueva las Cuentas. *BSVE*, 32: 64. 1998
- Ya. 1 - Cueva El Tigre. *BSVE*, 8(16): 228-229. 1977.
- Ya. 2 - Cueva La Urna. *BSVE*, 8(16): 230-231. 1977.
- Ya. 3 - Cueva de La Mina. *BSVE*, 27: 58-61. 1993.
- Zu. 1 - Cueva de los Gavilanes o Mara 1. *BSVE*, 1(2): 113-118, 5 figs. 1968. *BSVE*, 24: 30-33. 1990.
- Zu. 2 - Gruta Udón Pérez. *BSVE*, 3(3): 214-215. 1972.
- Zu. 3 - Cueva de Cerro Verde. *BSVE*, 4(1): 80-81. 1973.
- Zu. 4 - Cueva Francisco Zea. *BSVE*, 4(1): 82-87, 3 figs. 1973.
- Zu. 5 - Cueva de Los Pozones. *BSVE*, 4(1): 87-88. 1973.
- Zu. 6 - Cueva Kunana o de Arécmata. *BSVE*, 5(10): 166-171. 1974.
- Zu. 7 - Cueva de Ayajpaina o de Nonapma. *BSVE*, 5(10): 169-171. 1974.
- Zu. 8 - Sima 1 del Cerro Viruela. *BSVE*, 5(10): 169-171. 1974.
- Zu. 9 - Sima 2 del Cerro Viruela. *BSVE*, 5(10): 170-171. 1974.
- Zu.10 - Sima 3 del Cerro Viruela. *BSVE*, 5(10): 170-174. 1974.
- Zu.11 - Sima 4 del Cerro Viruela. *BSVE*, 5(10): 172-174. 1974.
- Zu.12 - Sima 5 del Cerro Viruela. *BSVE*, 5(10): 172-174. 1974.
- Zu.13 - Sima 6 del Cerro Viruela. *BSVE*, 5(10): 173-174. 1974.
- Zu.14 - Sima 7 del Cerro Viruela. *BSVE*, 5(10): 173-177. 1974.
- Zu.15 - Sima 8 del Cerro Viruela. *BSVE*, 5(10): 175-178. 1974.
- Zu.16 - Cueva de los Huesos. *BSVE*, 5(10): 176-180. 1974.
- Zu.17 - Cueva de La Guacamaya. *BSVE*, 5(10): 181-183. 1974.
- Zu.18 - Cueva Mara 2. *BSVE*, 24: 33-34. 1990.
- Zu.19 - Cueva Monte Bello 1. *BSVE*, 24: 34-35. 1990.
- Zu.20 - Cueva Monte Bello 2. *BSVE*, 24: 35. 1990.
- Zu.21 - Cueva Punto Fijo 1. *BSVE*, 24: 35. 1990.
- Zu.22 - Cueva Punto Fijo 2. *BSVE*, 24: 35. 1990.
- Zu.23 - Surgencia del Tigre. *BSVE*, 25: 30-31. 1991.
- Zu.24 - Sima de La Máquina. *BSVE*, 25: 31. 1991.
- Zu.25 - Sima de Fidel. *BSVE*, 25: 31. 1991.
- Zu.26 - Sima Caño La Honda 1. *BSVE*, 25: 31-32. 1991.
- Zu.27 - Sima Caño La Honda 2. *BSVE*, 25: 31-32. 1991.
- Zu.28 - Cueva de la Retirada. *BSVE*, 25: 32-33. 1991.
- Zu.29 - Cueva Sorotamia. *BSVE*, 25: 33. 1991.
- Zu.30 - Cueva del Samán. *BSVE*, 25: 34-39. 1991. *BSVE*, 30: 86-90. 1996.
- Zu.31 - Cueva de los Laureles. *BSVE*, 25: 40-42. 1991.
- Zu.32 - Cueva de la Boca Norte 1. *BSVE*, 25: 42. 1991.
- Zu.33 - Cueva de la Boca Norte 2. *BSVE*, 25: 42. 1991.
- Zu.34 - Cueva de la Boca Norte 3. *BSVE*, 25: 42. 1991.
- Zu.35 - Cueva de la Boca Norte 4. *BSVE*, 25: 42. 1991.
- Zu.36 - Cueva Cañón Norte 1. *BSVE*, 25: 42-43. 1991.
- Zu.37 - Cueva Cañón Norte 2. *BSVE*, 25: 43. 1991.
- Zu.38 - Cueva Cañón Norte 3. *BSVE*, 25: 43. 1991.
- Zu.39 - Cueva Cañón Norte 4. *BSVE*, 25: 43-44. 1991.
- Zu.40 - Cueva Cañón Norte 5. *BSVE*, 25: 43-44. 1991.
- Zu.41 - Cueva Cañón Norte 6. *BSVE*, 25: 43-44. 1991.
- Zu.42 - Cueva Cañón Norte 7. *BSVE*, 25: 43-44. 1991.
- Zu.43 - Cueva Cañón Norte 8. *BSVE*, 25: 43-44. 1991.
- Zu.44 - Cueva Cañón Norte 9. *BSVE*, 25: 43-44. 1991.
- Zu.45 - Cueva Cañón Norte 10. *BSVE*, 25: 43-44. 1991.
- Zu.46 - Cueva La Cristalina. *BSVE*, 25: 44-45. 1991.
- Zu.47 - Cueva La Carlotica. *BSVE*, 25: 45-46. 1991.
- Zu.48-60 - Introducción a las cuevas de Mesa Turik. Otros fenómenos kársticos. *BSVE*, 26: 35-36, 45, 1 fig. 1992.
- Zu.48 - Cueva del Túnel. *BSVE*, 26: 37. 1992.
- Zu.49 - Cueva del Río. *BSVE*, 26: 38-39. 1992.
- Zu.50 - Cueva de los Guácharos. *BSVE*, 26: 38-39. 1992.
- Zu.51 - Cueva de las Lianas o Komó. *BSVE*, 26: 38-40. 1992.
- Zu.52 - Cueva de la Pared Norte o Tashkapa. *BSVE*, 26: 38-41. 1992.
- Zu.53 - Sima Turik 1. *BSVE*, 26: 40-41. 1992.
- Zu.54 - Sima Turik 2. *BSVE*, 26: 41. 1992.
- Zu.55 - Cueva del Laberinto. *BSVE*, 26: 41-42. 1992.
- Zu.56 - Sima Turik 3. *BSVE*, 26: 42. 1992.
- Zu.57 - Cueva Sumidero Depresión 3. *BSVE*, 26: 42-45. 1992.
- Zu.58 - Cueva de los Huesos. *BSVE*, 26: 43. 1992.
- Zu.59 - Cueva del Valle Central. *BSVE*, 26: 43. 1992.
- Zu.60 - Cueva del Suroeste. *BSVE*, 26: 43-44. 1992.
- Zu.61 - Cueva de Inshká Troá. *BSVE*, 27: 61-63. 1993.
- Zu.62 - Cueva de Toromo. *BSVE*, 27: 63-64. 1993.
- Zu.63 - Cueva-Sumidero La Retirada. *BSVE*, 28: 55-59. 1995.
- Zu.64 - Cueva La Virgen. *BSVE*, 28: *BSVE*, 28: 59-61. 1995.
- Zu.65 - Cueva Santa Elena. *BSVE*, 29: 69-70. 1995.
- Zu.66 - Cueva de Orro. *BSVE*, 29: 69-71. 1995.
- Zu.67 - Cueva de las Piscinas. *BSVE*, 29: 71. 1995.
- Zu.68 - Abrigo La Cristalina. *BSVE*, 29: 72. 1995.
- Zu.69 - Surgencia Los Cantos. *BSVE*, 29: 72. 1995.
- Zu.70 - Sumidero Los Cantos. *BSVE*, 29: 73. 1995.
- Zu.71 - Surgencia de la Batea. *BSVE*, 29: 73-74. 1995.
- Zu.72 - Cueva del Caño Sorotamia. *BSVE*, 29: 74-75. 1995.
- Zu.73 - Cueva Los Tormentos. *BSVE*, 29: 74-75. 1995.
- Zu.74 - Cueva Sorotamia 2. *BSVE*, 29: 75. 1995.
- Zu.75 - Cueva del Cañón de Las Piscinas. *BSVE*, 32: 65. 1998

# INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

- 1) Se acepta todo trabajo original relacionado con las ciencias espeleológicas. La Comisión Editora se reserva el derecho de publicación. En el momento de entrega del artículo, éste debe haber sido suficientemente discutido y revisado por uno o más especialistas en la materia.
- 2) Los autores son los únicos responsables del contenido de los artículos.
- 3) Se debe enviar el original y una copia escritas a doble espacio, en papel tamaño carta y con amplios márgenes. Preferiblemente se enviará el texto escrito en alguno de los sistemas de procesamiento de textos como Word Perfect, Word para Windows o para Macintosh
- 4) Para guiarse en la organización y formato, los autores deberán consultar el último número del *Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología*. El artículo constará preferentemente de: 1) Título (breve e informativo); 2) Nombre del autor y su dirección postal; 3) Resumen en español y en inglés, de unas 25 líneas cada uno; 4) Texto principal, sugiriendo que esté dividido en: Introducción, Materiales y Métodos, Resultados y Conclusiones; 5) Agradecimientos; 6) Bibliografía citada; 7) Leyendas de las figuras. Las tablas y figuras deberán disponerse juntas al final del texto.
- 5) *Bibliografía*. Aparecerá al final del trabajo en estricto orden alfabético. En el caso de que un mismo autor en un mismo año tenga varias publicaciones, se indicarán además con las letras a, b, c, etc. Nótese que para artículos de publicaciones periódicas, las expresiones: Vol. 57, no. 12, págs. 13-52, se reducen a 57(12): 13-52. En el caso de revistas poco conocidas, se indicará el país de procedencia, a excepción del caso en que en el título de las mismas lo posean, en cuyo caso no se deberá abreviar. Los títulos se abreviarán según las normas internacionales aceptadas.  
Los trabajos no publicados se incluirán únicamente si son indispensables, en cuyo caso se indicará expresamente con la palabra inédito.  
En el caso de autores institucionales, en el texto se citarán por las siglas (Ejm.: SVE, 1968). A continuación se presentan algunos ejemplos:  
ROHL, E. 1990. *Historia de las ciencias geográficas de Venezuela 1498-1948*. Edic. Banco Unión, Cromotip, Caracas, 515 p.  
DECÚ V., C. BORDÓN & O. LINARES. 1987. Sinopsis de los vertebrados citados de las cuevas de Venezuela. En: V. DECÚ *et al.* (Eds.) *Fauna hipógea y hemiedáfica de Venezuela y de otros países de América del Sur*. Edic. Inst. Espeleol. Enil Racovitá y Soc. Venez. Espeleol. Academiei Republicii Socialiste România, Bucarest, p. 47-60.  
VILORIA Á., F. HERRERA & C. GALÁN. 1992. Resultados preliminares del estudio del material biológico colectado en Mesa Turik y cuenca del río Socuy. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 26: 7-9.  
SVE - SOCIEDAD VENEZOLANA DE ESPELEOLOGÍA. 1992. Catastro Espeleológico Nacional: Zu.50. Cueva de los Guácharos. *Bol. Soc. Venezolana Espeleol.*, 26: 38-39.
- 6) Cuando se cita algún dato o idea específica de cierto trabajo, entonces además del año debe añadirse el número de página en donde aparece dicha información: Ejm.: DIAZ (1991: 13).
- 7) *Tablas e ilustraciones*. Las tablas, gráficos e ilustraciones, contendrán una leyenda breve y concisa, sin repetir los datos del texto. Los dibujos deberán presentarse en tinta china (o cualquier sustituto apropiado) en papel blanco o transparente. Los mapas deben poseer una escala gráfica, pero nunca numérica (ejm.: 1:25.000). Ninguna letra debe ser menor de 1 mm. Los dibujos y mapas deberán ser de un tamaño lo suficientemente grandes para permitir una reducción por lo menos a la mitad.  
Se utilizarán sólo las fotografías indispensables, en blanco y negro y en papel brillante de buen contraste, con un tamaño lo suficientemente grande para eventuales reducciones. Las leyendas de las fotografías, así como las de las tablas e ilustraciones (debidamente enumeradas), deben estar escritas en el material correspondiente y en una lista que se presentará al final del artículo. Igualmente se debe indicar el lugar aproximado donde se quiere insertar las tablas e ilustraciones, al margen derecho del texto.
- 8) Todo artículo que no cumpla con los requisitos de formato y presentación, se devolverá al autor (o autores) con las observaciones pertinentes para su corrección.
- 9) Se aceptarán discusiones a los artículos aparecidos en el *Boletín*. Para ellos rigen las mismas instrucciones enumeradas anteriormente.
- 10) Se sugiere muy especialmente a los autores una uniformidad de criterio en los trabajos, así como la omisión del punto después de las abreviaturas comunes: 0,3 mm, 10 cm, 15 m, pero Figs. 5-7; y el uso de numerales antes de las unidades de medidas: 5 mm, pero *nueve* animales (10 o más se escribe: 13 animales).
- 11) El autor se hará responsable de la corrección de las pruebas de imprenta.

## LISTA DE MIEMBROS DE LA SOCIEDAD VENEZOLANA DE ESPELEOLOGIA

### Diciembre de 1998

ACTIVOS	ASPIRANTES	Laca, Eusebio (España)	CORRESPONDIENTES
Tronchoni, Juan Antonio	Carreño, Erik	Lescarbourea, Julio	EXTRANJEROS
Bordón, Carlos	Suárez, Juan Carlos	Linares, Omar	Balazs, Denes (Hungria)
Urbani, Franco	Sotelo, Manuel	Marques, Sheila	Benedetto, Carlos (Argentina)
Perera, Miguel Angel	Escalante, Jhonney	Martín, Carlos Alberto	Bernasconi, Reno (Suiza)
Aso, Pedro	Castillo, Belkis	Martínez, Isabel (México)	Cigna, Arrigo (Italia)
Bosque, Carlos	Méndez, Jenny	Medero, Ramón	Chabert, Claude (Francia)
Scaramelli, Franz	García, Arneidy	Muñoz, Oscar	Decú, Vasile (Rumania)
Nolla, Juan	Díaz, Jose	Naranjo, Carlos Julio	Eraso, Adolfo (España)
Lagarde, Joris	Jaimes, Pedro	Ohep, Elizabeth (USA)	Ford, Derek (Canada)
Bolón, Enrique	Manteca, Javier	Otero, Jesús	Forti, Paolo (Italia)
Carreño, Rafael		Pereira, Jesús	Gilbert, Alain (Francia)
Astort, Joaquín	COLABORADORES	Pérez La Riva, Wilmer (USA)	Goicoechea, Imanol (España)
Urbani, Bernardo	Almeida, Ygor	Planas, Gabriel	Halliday, William R. (USA)
Viloria, Angel	Arnal, Eduardo	Ravelo, Odoardo	Hedges, James (USA)
Merlo, Gianluca	Ascanio, Pedro	Ruiz, Pedro	Kashima, Narahiko (Japón)
Urribarrí, Deborah	Binghinotto, Silvano	Sandoval, Marcos	Kuczynski, Maciej (Polonia)
Lanier, Leonel	Camerín, Nickla	Silva, Crisanto	Labegalini, José A. (Brasil)
Monagas, Francisco	Castillo, Luisa	Soriano, Pascual	Martini, Jacques (Sur Africa)
Rincón, Ascanio	Contreras, Roger	Tinoco G., Carlos	Oldham, Tony (Inglaterra)
Melo, Luis	Enrech, Fernando (Francia)	Tomás, Eva	Palacios Vargas, José (México)
Ghneim, Khalil	Foghín P., Sergio	Urribarrí, Paul	Panos, Vladimir (Slovaquia)
Blanco, Wilmer	Galán, Carlos (España)	Vegue, Pedro	Strinati, Pierre (Suiza)
Villareal, Osvaldo	González Sponga, Manuel		Trimmel, Hubert (Austria)
Nieto, Gustavo	Herrera, Francisco (Inglaterra)		Trajano, Eleonora (Brasil)



Las espeleotemas de calcita, típicas de cuevas naturales, también se pueden desarrollar en túneles. Esta fotografía, tomada en las antiguas minas de Aroa (edo. Yaracuy), muestra perlas de cavernas de unos 15 mm de diámetro que debieron iniciar su desarrollo hace unos 40 años, tras el abandono de la explotación. (Foto: R. CARREÑO, 1997).



Algunas cuevas albergan grandes poblaciones de artrópodos que dependen del aporte energético de los murciélagos que las utilizan como refugio diurno. El artículo de C. GALÁN & F. F. HERRERA página 13, resume las nuevas ideas acerca del origen y evolución de la fauna cavernícola. La imagen captada en la cueva Ricardo Zuloaga (Mi.42), muestra un piso que literalmente parece moverse. (Foto: R. CARREÑO, 1997).

# INDICE

## GEOESPELEOLOGÍA

*Minerales secundarios de las cuevas Indio y Alfredo Jahn, estado Miranda, Venezuela.*

P. FORTI, F. URBANI & A. ROSSI ..... 1

*Edades de radiocarbono en las cuevas del Indio y Ricardo Zuloaga, sureste de Caracas, Venezuela.*

F. URBANI ..... 5

## BIOESPELEOLOGÍA

*Fauna cavernícola: ambiente y evolución.*

C. GALÁN & F. F. HERRERA ..... 13

## ANTROPOESPELEOLOGÍA

*Historique de la speleologie au Perou (1802-1989).*

A. GILBERT ..... 44

*Historia espeleológica venezolana. Parte 9. Francisco de Paula Alamo (1866-1943).  
La Comisión Eduardo Röhl a la Cueva del Guácharo.*

F. URBANI ..... 49

## CATASTRO ESPELEOLOGICO NACIONAL ..... 61

Bo. 90. Cueva Chirikayén 1

Bo. 91. Cueva Chirikayén 2

Fa. 110. Cueva 3 del Balneario El Pico

Fa. 111. Cueva 4 del Balneario El Pico

Tr. 8. Cueva el Ronco

Tr. 9. Cueva del Indio

Tr. 10. Cueva La Casa de Piedra 1

Tr. 11. Cueva La Casa de Piedra 2

Tr. 12. Cueva las Cuentas

Zu. 75. Cueva del Cañón de Las Piscinas

## Notas breves, noticias, reseñas bibliográficas ..... 66

Visita del espeleólogo José Ayrton Labegalini.

La Ruta Quetzal - Argentaria y la visita del Dr. Adolfo Eraso.

Antonio Núñez Jiménez (1923-1998). P. FORTI.

Paleokarst en calizas cretácicas en el subsuelo del Campo La Paz, edo. Zulia. E. BUENO.

Nuevos estudios por espectroscopía Mössbauer de estalactitas de las minas de Santa Isabel, Guárico. L. D'ONOFRIO.

Contenido de los boletines de divulgación espeleológica *El Guácharo*, números 42, 43 y 44.

La sima más profunda del mundo: Lamprechtsofen -1632 m. MERLO G.

Nuevas colonias de guácharos. CARREÑO R.

## Indice del Boletín de la Sociedad Venezolana de Espeleología, Nos. 1 al 32, 1967-1998.

K. GHNEIM ..... 70